



Bc. Vojtěch Hanzlík

Studijní program N2301 - Strojní inženýrství
3909T010 - Inovační inženýrství

Inovace výrobku

Inovace jednoúčelového střížného stoje

Innovation of single-purpose punching machine

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Rudolf Martonka, Ph.D.

Konzultant diplomové práce:

Ing. Roman Brož

Rozsah práce a příloh

Počet stran 60

Počet tabulek 3

Počet obrázků 32

Počet příloh 4

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 23. 5. 2014

Podpis:

.....

Bc. Vojtěch Hanzlík

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Date: 23. 5. 2014

Signature:

.....

Bc. Vojtěch Hanzlík

Poděkování

Předně bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Rudolfovi Martonkovi, Ph.D., za cenné rady a odborné vedení a celému zastoupení Katedry částí a mechanismů strojů. Dále děkuji Ing. Romanu Brožovi a jeho kolegům z firmy JiKon - nástrojárna, s.r.o., bez kterých by tato práce nevznikla. V neposlední řadě děkuji mé rodině za trpělivost a podporu po celou dobu mého studia.

Anotace

Diplomová práce se zabývá inovací jednoúčelového střížného stroje. Zmíněn je princip a funkčnost stříhání. Dále průzkum potenciálních řešení. V hlavní části se řeší konstrukce samotného rámu a principu. Jsou zde zhodnoceny klady a zápory jednotlivých variant řešení. Součástí je i zpracování nejvýhodnější varianty, u které je popsána funkce a provedena tvorba modelů v programu Solid Edge. Pro určení deformací následuje výpočet a pevnostní kontrola v modulu Mechanica.

Klíčová slova

navrhnout, střížný stroj, metoda konečných prvků, kontrolní výpočty, konstrukce

Annotation

This thesis deals with innovation of the shearing machine. Principle and functionality of shearing is mentioned. Study of potential solutions is carried out. Construction of the frame and its principle is done in the main part. Pros and cons of various concepts are evaluated. The thesis also includes the detailed construction of the most advantageous concept. Its function is described. CAD models are created in Solid Edge V20. Deformation is determined by calculation and strength check in module Mechanica.

Keywords

design, punching machine, final elements method, checking of calculations, construction

Obsah

Obsah	7
Obsah obrázků, tabulek a grafů	9
Seznam použitých zkratk a symbolů	10
1 Úvod	11
2 Zadavatel	12
3 Cíle diplomové práce	13
4 Stávající řešení	14
5 Plánování inovace	16
5.1 Inovace	16
5.2 Inovační záměr	16
5.3 Zhodnocení inovačního záměru	16
5.4 Inovační příležitosti	17
5.5 Plán zdrojů	18
5.6 Harmonogram práce	18
5.7 Inovační prohlášení	19
6 Průzkum stávajících výrobků	20
6.1 Střížné, lisovací stroje a jejich vývoj	21
6.1.1 Hydraulické střížné stroje	23
6.1.2 Pneumatické střížné stroje	25
6.1.3 Hydraulicko-pneumatické střížné stroje	27
6.1.4 Elektrické střížné stroje	27
6.1.5 Ruční střížní stroje	30
7 Návrh variant	31
7.1 Varianta 1	32
7.2 Varianta 2	34
7.3 Varianta 3	35
7.4 Varianta 4	37
7.5 Varianta 5	38
7.6 Výběr vítězné varianty	40
8 Rozpracování vítězné varianty	41
8.1 Silový rozbor konstrukce	42

8.2 Konstrukce mechanismu střížného stroje a popis	45
8.3 Kontrolní výpočty konstrukce	46
8.4 Konstrukce jednoúčelového střížného stroje	49
8.5 Analýza konstrukce pomocí MKP	50
8.5.1 Analýza sestavy.....	50
8.5.2 Analýza páky	53
9 FMEA (Failure Mode and Effect analysis)	55
10 Ekonomické zhodnocení	57
11 Závěr	58
Použitá literatura	59
Seznam příloh	60

Obsah obrázků, tabulek a grafů

Obrázky

Obr. 1 Stávající řešení.....	14
Obr. 2 Stávající řešení detail	15
Obr. 3 Možnosti pohonu jednoúčelového střížného stroje	17
Obr. 4 Možnosti upnutí střížného nástroje	18
Obr. 5 Ganttův diagram	19
Obr. 6 Hydraulický lis INTESO.....	23
Obr. 7 Hydraulický lis AZ-TECH.....	24
Obr. 8 Pneumatický lis PL.....	26
Obr. 9 Pneumatický lis OSHIMA.....	26
Obr. 10 Elektrický lis SCHMIDT.....	28
Obr. 11 Elektrický univerzální lis ELS.....	29
Obr. 12 Ruční pákový lis EMG	30
Obr. 13 Ruční vřetenový lis	30
Obr. 14 Princip a silové působení u stříhu s rovnoběžnými noži I	31
Obr. 15 Varianta 1	33
Obr. 16 Varianta 2	35
Obr. 17 Varianta 3	36
Obr. 18 Varianta 4	38
Obr. 19 Varianta 5	39
Obr. 20 Střížný nástroj	41
Obr. 21 Schéma konstrukce	42
Obr. 22 Průběh síly při stříhání	43
Obr. 23 Silové poměry na páce v horizontální poloze	43
Obr. 24 Silové poměry na páce	44
Obr. 25 3D model konstrukce mechanismu.....	45
Obr. 26 3D model konstrukce mechanismu.....	46
Obr. 27 Čepové spojení	47
Obr. 28 3D model konstrukce mechanismu s rámem.....	49
Obr. 29 Analýza napětí sestavy	51
Obr. 30 Analýza posunutí sestavy	52
Obr. 31 Analýza napětí páky	53
Obr. 32 Analýza posunutí páky	54

Tabulky

Tab. 1 Inovační prohlášení	20
Tab. 2 Rozhodovací tabulky	40
Tab. 3 Formulář FMEA-K	56

Seznam použitých zkratk a symbolů

<i>Symbol</i>	<i>Význam</i>	<i>Jednotka</i>
F_s	střižná síla	N
T	třecí síla	N
F	normálová síla	N
M_p	moment	Nm
M_T	klopný moment	Nm
γ	úhel čela střižníku	°
O	střižný obvod	m
s	tloušťka plech	mm
S	jmenovitá plocha průřezu	m ²
τ_s	napětí ve smyku	MPa
R_m	mez pevnosti	MPa
α	úhel natočení	°
F_x	síla v ose x	N
F_p	síla od pístu	N
a	délka ramene	mm
b	délka ramene	mm
F_M	síla od lineárního motoru	N
M_{K1}	krouťící moment od motoru	Nm
r_1	poloměr oz. kola 1	mm
r_2	poloměr oz. kola 2	mm
r_3	poloměr oz. kola 3	mm
M_{K2}	krouťící moment na kole 2	Nm
M_{K3}	krouťící moment na kole 3	Nm
F_{sx}	střižná síla ve směru x	N
F_{sy}	střižná síla ve směru y	N
$F_{\check{c}x}$	síla ve středním čepu ve směru x	N
$F_{\check{c}y}$	síla ve středním čepu ve směru y	N
$F_{\check{c}}$	síla ve středním čepu	N
F_{px}	síla od pístu ve směru x	N
F_{py}	síla od pístu ve směru y	N
x_s	zdvih ramene od střižníku	mm
x_p	zdvih ramene od pístu	mm
β	úhel natočení ramene	°
p	tlakové napětí	MPa
D	délka na páce	mm
d	průměr čepu	mm
D_1	celková délka čepu	mm
ρ_D	dovolené tlakové napětí	MPa
τ_{Ds}	dovolené napětí ve smyku	MPa
σ_c	napětí v tahu	MPa
d_2	střední průměr závitu	mm
d_3	malý průměr závitu	mm
n	počet kusů	ks

1 Úvod

Diplomová práce se zabývá inovací jednoúčelového střížného stroje, který slouží k výrobě pásků do roletek nákladních automobilů. Pro úspěch navrhnutého stroje dnes nestačí pouze vytvoření kvalitní konstrukce a její funkčnost. Nezbytnou potřebou je splnění požadavků na zabezpečení, a i přes snahu harmonizovat bezpečnostní normy, stále existují různé trhy s různými požadavky. S nastoupením platnosti nové směrnice Evropské unie v oblasti zabezpečení strojů nastala situace, kdy se kvůli zvýšení nároků na bezpečnost nesmí výrobky, nesplňující tuto směrnici, prodávat. To je případ i této diplomové práce, která se snaží nahradit stávající nevyhovující řešení.

Hlavním cílem této práce je návrh a výpočet jednoúčelového střížného stroje. Práce je vyhotovena pro firmu JiKon - nástrojárna, s.r.o., která daný návrh výroby předá konkrétnímu zákazníkovi. Snahou je inovovat stávající řešení tak, aby splňovalo aktuální požadavky konstrukce, ale i z hlediska ekonomického, tak i bezpečnostního. Jednotlivé kapitoly se budou snažit vysvětlit postupně základní funkci střížných strojů, průzkum řešení, samotnou konstrukci a kontrolu za pomoci metody konečných prvků, analýzy dané konstrukce.

2 Zadavatel

Firma Jikon - nástrojárna, s.r.o., se zabývá kovovýrobou se širokým rozsahem prací. Od přesných nástrojů pro stříhání přes klasické obrábění, svařování, kalení a práci s plechem, až po výrobu jednoúčelových strojů a montážních pracovišť. Součástí firmy je i vlastní konstrukční pracoviště. Zde se připravují jednotlivé projekty, které jsou součástí jednotlivých dodávek. Výroba je certifikována podle norem ISO 9001.

Firma Jikon - nástrojárna, s.r.o., vznikla v roce 1992 z původní nástrojární podniku Autobrzdý Hodkovice n. M. Z počáteční orientace hlavně na mateřský závod patří mezi jejich zákazníky mnohé renomované firmy například Monroe Czechia, s.r.o., Inteva Products Czech Republic, a.s., Benteler ČR, s.r.o., Preciosa, a.s., Kamax, s.r.o. a mnoho dalších. Firma se snaží vycházet vstříc i drobným zákazníkům.

Firma se nachází na okraji Hodkovic nad Mohelkou v blízkosti rychlostní komunikace Liberec - Turnov. V roce 2004 se přestěhovala do nové budovy s vlastním parkovištěm a snadným příjezdem z několika směrů.

Kontakt:

Jikon - nástrojárna, s.r.o.

Adresa: Nádražní 671, Hodkovice nad Mohelkou, 463 42

E-mail: jikon-nastrojarna@volny.cz

Fax: 485 145 515

IČO: 62243357

DIČ: CZ62243357

3 Cíle diplomové práce

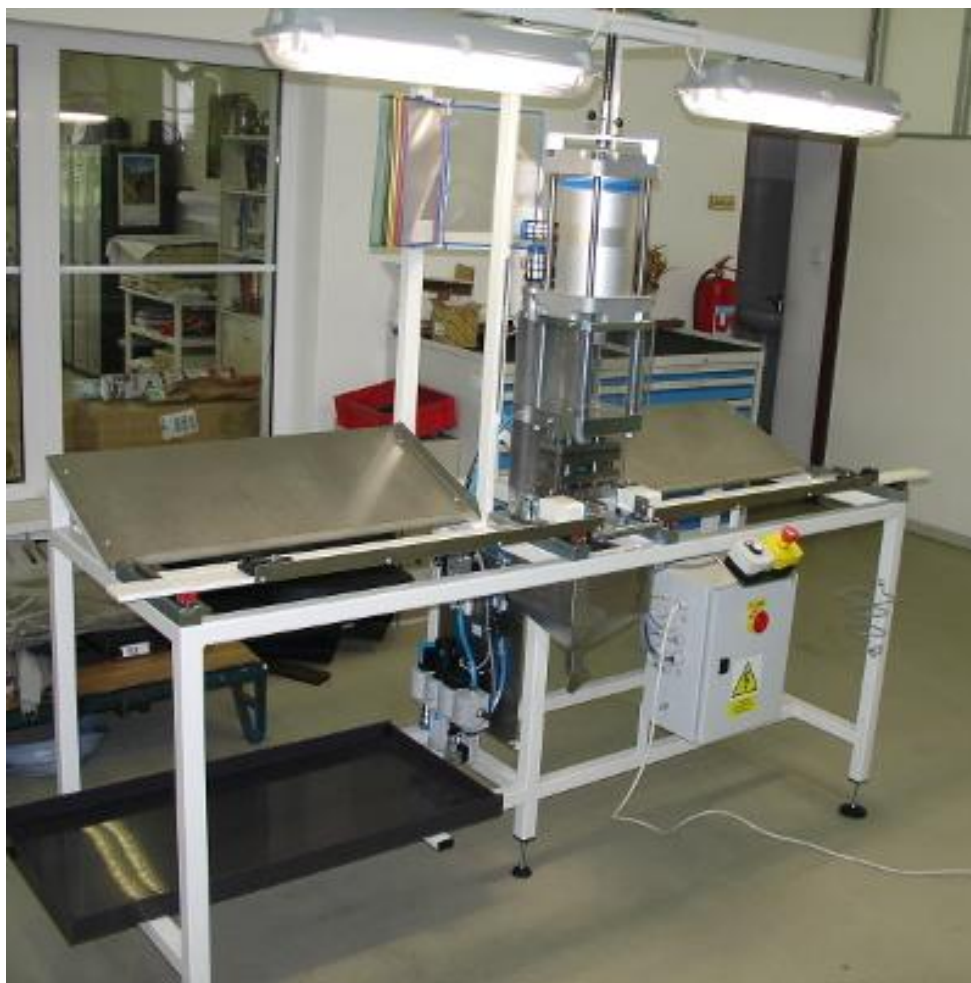
Cílem této diplomové práce je inovace jednoúčelového střížného stroje pro výrobu pásků do roletek nákladních automobilů. Dále popis současného trendu mezi těmito jednoúčelovými stroji a následně vytvoření návrhu inovovaného řešení, který by vedl k vytvoření nového, lepšího, bezpečnějšího jednoúčelového stroje.

Prvním úkolem je provést průzkum trhu a na základě těchto získaných poznatků navrhnout varianty možného řešení. Dále, za pomoci určitých metod inovačního inženýrství, rozhodnout o nejkvalitnějším konceptu. Jeho zpracování nadále prohloubit a podrobně popsat konstrukční řešení. Rovněž je zapotřebí návrh podložit příslušnými výpočty namáhání pomocí metody konečných prvků.

V závěru práce by bylo vhodné vyhodnotit jednoúčelový střížný stroj pomocí FMEA analýzy, posoudit jeho mechanické vlastnosti a provést ekonomické zhodnocení inovovaného stroje.

4 Stávající řešení

Jedná se o jednoúčelový střížný stroj k výrobě pásku do roletek nákladních automobilů. Na obrázku 1 je vidět stávající řešení konstrukce, které nevyhovuje dnešním požadavkům zákazníka.

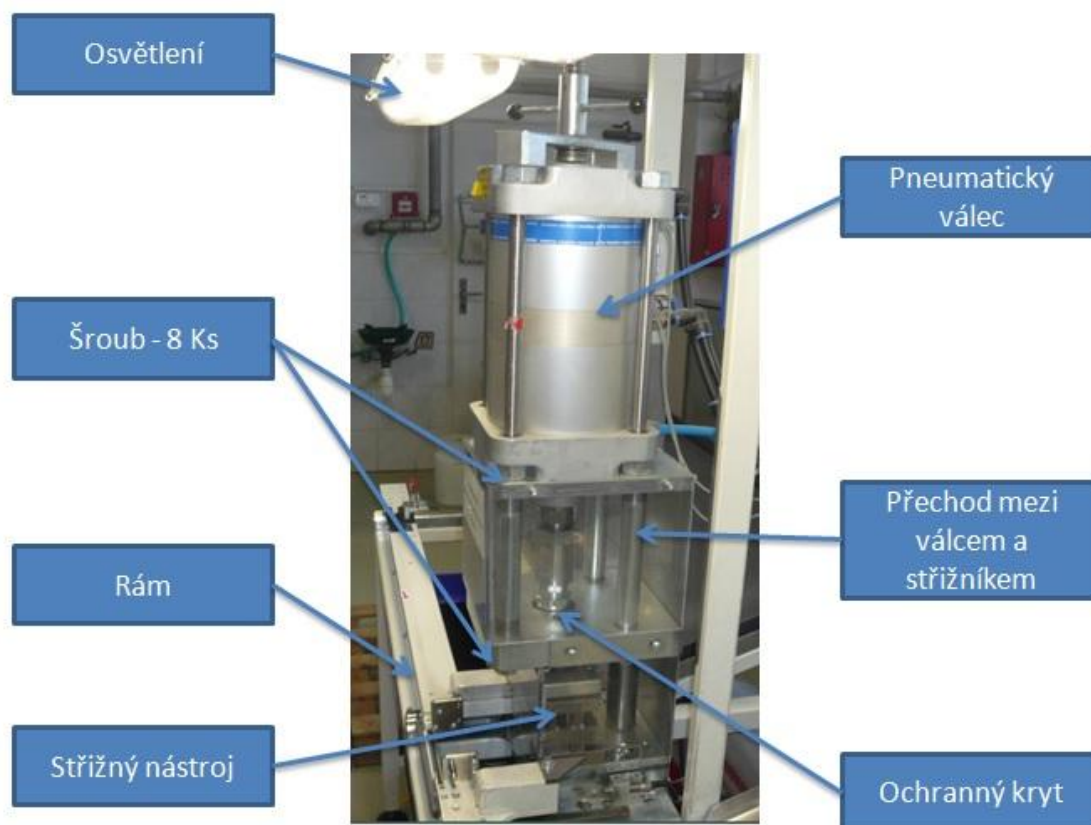


Obr. 1 Stávající řešení

Jednoúčelový střížný stroj je navržen tak, že ve středu stroje je umístěn střížný nástroj s pohonem. To je z důvodu manipulačního prostoru, kde napravo je prostor pro polotovary a na levé straně místo pro hotové kvalitní výrobky. Prostor ve spodní části levé strany je vyhrazen pro zmetkové kusy, kterých je minimum. V průměru to jsou dva zmetkové kusy denně při třísměnném provozu. V blízkosti operátora je umístěno STOP tlačítko, označené dle normy, které bezprostředně zastaví jednoúčelový stroj.

Na detailním obrázku 2 je vidět přímé spojení pneumatického válce se střížným nástrojem. Pro výměnu střížného nástroje je potřeba demontovat ochranný kryt, povolit osm šroubů a odsunout celý pneumatický válec.

Jednouúčelový střížný stroj pracuje s maximální - pracovní střížnou silou 20 kN.



Obr. 2 Stávající řešení detail

Nezbytnou součástí jednoúčelového střížného stroje je osvětlení, které operátorovi zlepšuje pracovní prostředí.

5 Plánování inovace

5.1 Inovace

Inovace je zpravidla výsledkem lidské kreativity, přičemž základní charakteristikou je její podnikatelské využití. Inovace musí vždy nabídnout zákazníkovi vyšší hodnotu. Jinými slovy vědecký či technický objev nebo organizační změna má charakter inovace pouze tehdy, jestliže se podnikatelsky zhodnotí a zvýší hodnotu. Inovace představuje proces, který začíná nápadem nebo představou, následují různé postupy, stupně vývoje, který vyústí do samotné realizace.

Inovace dělíme na různé typy například: inovace výrobku, služeb, procesu, materiálu a mnoho dalších. [13]

5.2 Inovační záměr

Inovujte stávající jednoúčelový střižný stroj k výrobě pásků do roletek nákladních automobilů, pro stávající definovanou sílu a zdvih. Hlavním inovačním záměrem je odstranění složité montáže a demontáže střižných nástrojů - střižníků.

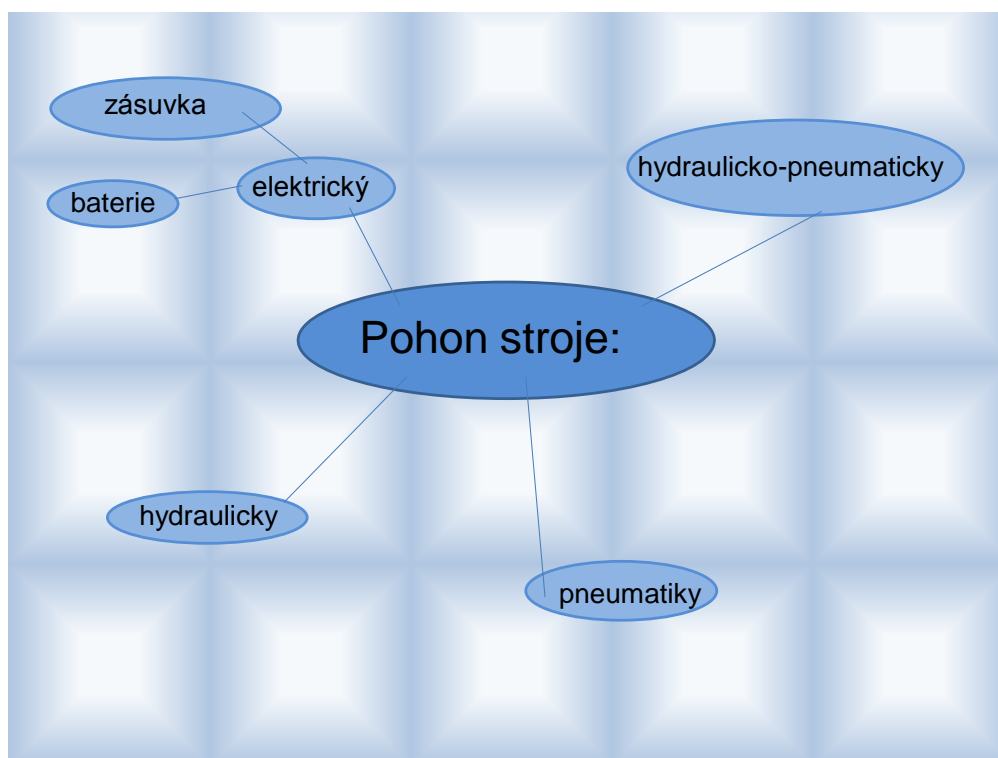
5.3 Zhodnocení inovačního záměru

Střižných strojů, lisů je na trhu celá škála, například hydraulické střižné stroje, pneumatické střižné stroje, kombinace hydraulicko-pneumatické střižné stroje a mnoho dalších. Pro specifické požadavky je vytvořen jednoúčelový střižný stroj, který je omezen pouze jedním nastavením.

Z diplomové práce budou výsledkem výkresy sestavy jednoúčelového střižného stroje s kusovníkem, podle kterého bude při příznivém poměru ceny a kvality vyroben jednoúčelový stroj. Tím by byla diplomová práce úspěšná.

5.4 Inovační příležitosti

Na základě průzkumu potřeb operátorů jednoúčelového střížného stroje, byl vytvořen seznam inovačních příležitostí. Poté byl seznam doplněn jednotlivými nápady inovace. Zejména byl hledán nový způsob přenosu síly na střížný nástroj, druhy pohonu jednoúčelového střížného stroje a upnutí střížného nástroje, jak je zobrazeno na obrázcích 3 a 4.



Obr. 3 Možnosti pohonu jednoúčelového střížného stroje



Obr. 4 Možnosti upnutí střížného nástroje

5.5 Plán zdrojů

Jediným stálým zdrojem je řešitel zadaného projektu, který na sebe v průběhu projektu váže jiné zdroje, jak vyplývá z harmonogramu.

5.6 Harmonogram práce

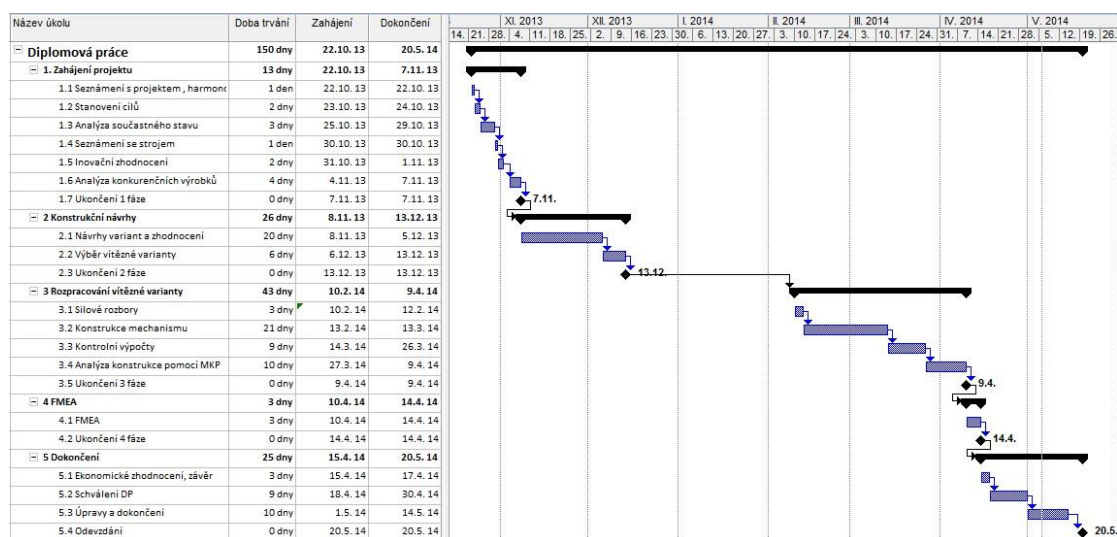
Na trhu můžeme nalézt více softwarových produktů pomáhajících s řízením projektů. Pro vytvoření harmonogramu tohoto projektu bylo využito programu od firmy Microsoft. Jedná se o program Microsoft Office Project, který je v současné době nejrozšířenějším softwarem pro řízení projektů.

Tato aplikace nabízí pomoc v oblastech plánování projektu, sledování plnění plánu projektu, provádění analýz a přeplánování projektu, porovnání dvou verzí projektu, vytvoření fondu zdrojů pro vedení více projektů najednou, vytvoření šablon pro plánování podobných projektů, tisku a prezentace projektového plánu a další. Hlavními částmi prostředí programu MS Project je tabulka zadávání úkolů a Ganttův

diagram, ve kterém jsou graficky znázorněné časové náročnosti jednotlivých úkolů. Nad Ganttovým diagramem se nachází časová osa. [14]

Struktura harmonogramu z velké části odpovídá kapitolám diplomové práce. Činnosti v harmonogramu jsou rozdělené do 5 hlavních kapitol. Start diplomové práce se datuje k 22. 10. 2013 a poslední úpravy byly dokončeny 20. 5. 2014. Celkový objem práce za těchto 7 měsíců je 240 hodin, což odpovídá průměrně 8h práce/týden. Plán byl samozřejmě v průběhu vypracování diplomové práce mnohokrát upravován a přepracováván. Níže je možné vidět jeho finální verzi.

Harmonogram diplomové práce – MS Project



Obr. 5 Ganttův diagram

5.7 Inovační prohlášení

Hlavní cíl inovace byl shrnut do inovačního prohlášení, které je zpracováno do přehledné tabulky 1.

Popis výrobku	Jedná se o jednoúčelový střižný stroj, který slouží k výrobě pásků do roletek nákladních automobilů.
Klíčové obchodní cíle	Odběr vyrobeného stroje mezinárodní firmou.
Primární cílový trh	Zákazník, který zadal objednávku.
Sekundární cílový trh	Živnostníci pracující ve stejném oboru a vyrábí stejné produkty.
Předpoklady a omezení	Jednoúčelový střižný stroj pracuje s definovanou silou a zdvihem, je určen pouze k dané práci.
Účastníci inovačního procesu	Bc. Vojtěch Hanzlík, Ing. Rudolf Martonka, Ph.D.

Tab. 1 Inovační prohlášení

6 Průzkum stávajících výrobků

Na našem trhu se pohybuje celá řada výrobců střižných strojů a lisů. Každý z nich má své konstrukční řešení pohonu a stavby, ale nejčastěji se jedná o stroje

horizontální nebo vertikální. Další rozdělení můžeme uvažovat dle způsobu použitého pohonu. Nejčastěji používané jsou lis, střížné stroje hydraulické, pneumatické, kombinace hydraulicko-pneumatické a pomocí lineárního elektromotoru. Volba stroje je závislá na vybavení provozovny, výroby. A to hydraulickým nebo pneumatickým rozvodem sítě. V případě elektřiny se předpokládá, že je všude rozvod již standardem. Záleží na množství odběru a tím kapacitě transformátoru elektrické energie.

Jejich výhody a nevýhody záleží na druhu provozu a jejich využití. Stroje a lis jsou velice nákladnou investicí jak z hlediska samotného nákupu, tak i provozu, servisních úkonů a údržby. Z tohoto důvodu se musí vše dobře zvážit, aby provoz stroje nebyl ztrátový.

6.1 Střížné, lisovací stroje a jejich vývoj

Lisovací stroje spadají do kategorie silových tvářecích strojů. Jedná se o stroje s přímočarým relativním pohybem nástroje, které k překonání deformačního odporu materiálu využívají především potenciální energii, a výrobku. Tváří se tedy klidnou silou a nikoli rázy, jako tomu je například u bucharů.

Hlavní lídr v oblasti servolisů je Japonsko, proto se zaměříme na historický vývoj právě v této zemi. Výrobci lisovacích strojů začali postupně uvádět na trh první modely využívající servomotory v roce 1998. Zvláště na výstavách JIMTOF (Japan International Machine Tool Fair) v letech 2000 a 2002 bylo předvedeno několik lisů s touto technologií a vzbudily veliký zájem. [15] Většina výrobců lisů v Japonsku se v dnešní době soustřeďuje právě na vývoj servolisů.

Servolisy byly v počátcích velmi drahé, důvody pro jejich zavádění nebyly plně chápány a prodeje byly nízké. Četné semináře pořádané organizací Japan Metal Press Stamping Association přispěly k pochopení významu a přínosu servolisů, což napomohlo k následnému zvyšování prodejů počínaje rokem 2003. Díky neustále se zvyšujícímu zájmu, začaly servolisy postupně pronikat do průmyslové praxe. Podle

statistiky z roku 2005 bylo prodáno v Japonsku v tomto roce 4552 mechanických lisů a 621 servolisů. To znamenalo nárůst prodeje servolisů o 15% oproti předešlému roku. Servolisy tehdy představovaly 20% celkového finančního objemu prodejů všech druhů lisů v Japonsku. [15] Tyto ukazatele naznačující budoucí boom v této oblasti, byly tehdy zaznamenány pouze v Japonsku. V USA ani v Evropě žádní výrobci zabývající se touto technologií zpozorování nebyli.

První servolisovací jednotka byla vyvinuta ve spolupráci tokijské university a firmy FANUC v roce 1990. [15] Ačkoliv se počítalo i s pozdějším využitím v oblasti lisování plechů, byl prvotní vývoj zaměřen především na lisování práškových kovů, kde bylo hlavní snahou nahradit složité vačkové mechanismy. Jednalo se o víceosý lis s kuličkovým šroubem. Princip přenosu síly u tohoto typu lisu se dodnes nezměnil. Otáčivý pohyb servomotoru se přenáší přes řemen na přesný kuličkový šroub, který do problematiky lisovacích strojů převádí rotační pohyb na přímočarý. Díky tomuto řešení je umožněno přesné definování pohybu beranu lisu a odpadá tím nutnost použití zbytečně složitých vaček. Prostou úpravou NC programu lze jednoduše ovlivňovat pohyb beranu a odpadá tím potřeba obtížné práce inženýrů na vývoji nové vačky. Na začátku vývoje se očekávalo využití potenciálu servojednotek, především ve zdokonalení klasických mechanických lisů. Realita ale předčila očekávání autorů, a servolisy postupně konkurují i lisům čistě hydraulickým.

Servolisy přinesly do oblasti mechanických lisů značná vylepšení. Jednak úpravou stávajících řešení, ale i zavedením nových způsobů transformace pohybu. Úprava stávajících mechanických lisů spočívá v implementaci servopohonu, kterou můžeme rozdělit na přímou a nepřímou.

Přímo řízené servolisy nevyužívají k zesilování účinku setrvačné síly a energie není nikde akumulována. Takto upravený lis postrádá setrvačnick, spojku i brzdu. Tím se značně zjednoduší konstrukce a zároveň to umožní využít všechny benefity se servopohonem spojené.

Nepřímo poháněné servolisy využívají setrvačnicku a akumulují v něm energii. To umožní použití slabších motorů pro vyvození relativně velkých sil. Nepřímý pohon ale neumožňuje využití všech výhod servopohonu a proto se v praxi příliš nevyužívá.

6.1.1 Hydraulické střížné stroje [1]

Stroj INTESO S1 se používá pro bezdeformační prostřihávání uzavřených profilů variabilního průřezu v délce do 4 000 mm. Stroj dokáže pracovat i s profily nižší jakosti, v režimu prostřihávání s pravidelnou i nepravidelnou roztečí.

Hydraulicky rozpínací vnitřní adaptér a mechanismus středění profilů eliminují deformaci prostřihávaného otvoru. Adapter umožňuje volný posun profilu a zabezpečuje kvalitní prostřižení. Pro změnu rozteče a tvaru prostřihávaného otvoru, nebo při změně tvaru prostřihávaného profilu (dle požadavku zákazníka), se vymění některé díly nástrojového vybavení prostřihávacího stroje. Stroj je koncipován jako univerzální, výhodou je jednoduchá modifikace a variabilitnost. Jednotlivé střížné díly lze rychle a pohodlně měnit dle průřezu profilu. Stroj umožňuje prostřihávat také otevřené profily.

Tento model je vhodný pro střední až velkosériovou výrobu.



Obr. 6 Hydraulický lis INTESO

Základními parametry tohoto lisu:

- maximální délka prostřihávaného profilu: 4000 mm
- maximální průřez prostřihávaného profilu: 120x80 mm, \varnothing 80 mm
- maximální prostřihávací síla: 150 kN

AZ-TECH - Stolní lis SL 250

Je určen pro vystřihování tvarových výstřižků z různých materiálů.

Prostřihávací stroj je vyroben z masivní ocelové konstrukce, ze všech stran povrchově upravené. Stroj je osazen dvojčinným střížným hydraulickým válcem. Pístnice je spojena s univerzálním nosičem nástrojů, který zajišťuje velmi rychlou výměnu střížných dílů. Horní a spodní poloha střížného válce je řízena indukčními snímači.



Hydraulický agregát obsahuje třífázový elektromotor, nádrž na 120 l hydraulického oleje, sestavu pojistných a zpětných ventilů, vnitřní zubové čerpadlo, filtry, elektromagnetické rozvaděče a vzduchový chladič s termostatem.

Obr. 7 Hydraulický lis AZ-TECH

6.1.2 Pneumatické střížné stroje [1]

Pneumatické lisy řady PL

Bezpečnost, tichý provoz, vysoká přesnost a pohodlná obsluha – to jsou hlavní přednosti pneumatických lisů řady PL.

Pneumatické lisy PL jsou určeny pro obsluhu jedním pracovníkem (muž nebo žena). Pro své malé rozměry, nízké nároky na energii, jednoduchou obsluhu a široké univerzální použití jsou vhodné jak pro řemeslné dílny, opravy a údržbářské provozy, tak pro výrobní podniky s hromadnou výrobou. Velmi často se používají pro montážní práce v autoprůmyslu.

Lisy nepotřebují žádné stavební základy, usazují se na dílenský stůl o dostatečné nosnosti.

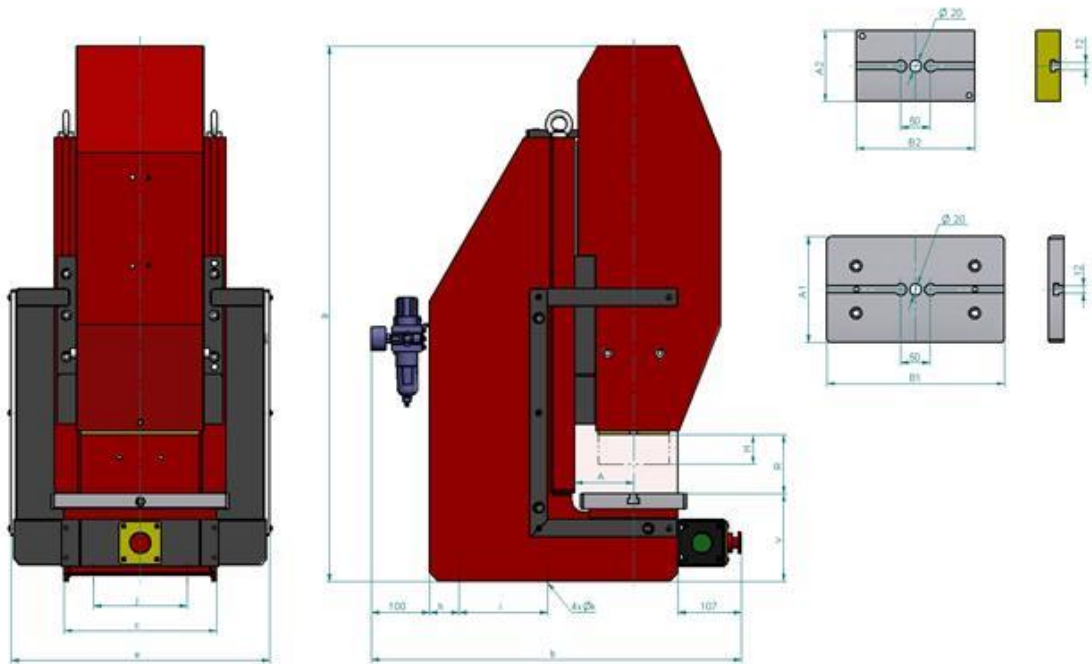
Lisy ve standardním vybavení poskytují uživateli rozsáhlé možnosti přizpůsobení parametrů stroje technologickým potřebám:

- dvouruční ovládání
- rychlosti beranu při pracovním posuvu a zpětném posuvu jsou plynule nastavitelné
- rozevření je plynule nastavitelné v širokém rozsahu (100 až 300 mm)
- regulace lisovací síly

Rám lisu je svařen z ocelových plechů. Uvnitř rámu je umístěn pneumatický rozvod. Na zadní straně je připevněna jednotka pro úpravu vzduchu. Pohyb beranu je vyvozován pneumatickým válcem s kluzným vedením a mechanickou brzdou. Na přední straně stojanu je pod stolní deskou připevněno dvouruční ovládání. Nástroje se upínají do T drážek nebo do díry pro stopku ve stolní desce a v beranu. U stříhacích nástrojů se doporučuje sloupkové vedení.

Základními parametry tohoto lisu:

- maximální prostřihávací síla: 10 kN



Obr. 8 Pneumatický lis PL

Transferový lis OP-380A OSHIMA

Transferový lis OP-380A OSHIMA je určen pro tepelný potisk nejrůznějších plochých materiálů (trička, kachličky, ap.). Můžete aplikovat nejrůznější tiskové fólie (inkjet, laser) a dále například plotrové fólie flock a flex. Zařízení disponuje přesným termostatem, nastavením času a teploty po vteřinách, resp. stupních. Plocha 38x38cm je dostatečná pro naprostou většinu aplikací.



Obr. 9 Pneumatický lis OSHIMA

typ stolní transferový lis
tisková plocha 38x38 cm
teplotní rozsah 0 - 230°C
elektro 230V, 2100W
maximální tlak 5 kg/cm²
Potřebujete přívod vzduchu
Rychlost transferu je 200-250 kusů/hod

6.1.3 Hydraulicko-pneumatické střížné stroje

U těchto střížných, lisovacích strojů se jedná o kombinaci hydrauliky a pneumatiky. Kde jedno médium reguluje druhé. Například pneumatický okruh reguluje servoventil, který spouští hydraulický okruh působící a tvořící sílu na píst.

6.1.4 Elektrické střížné stroje [1]

SCHMIDT® PressControl 5000

Ekonomická a vysoce kvalitní montáž je základem pro úspěch produktu. Jsou to celky z cenově nenáročných komponentů s různými tolerancemi. Lisy s elektricky poháněným vřetenem - servolisy jsou ideálním řešením pro takovéto aplikace. Takto splňují nejrůznější požadavky, buď jako samostatné pracoviště, nebo v automatizovaných výrobních linkách.

Vlastnosti:

- Dokonalejší řazení procesu v porovnání s konvenčními NC-osami
 - rychlé
 - opakovatelné
 - může být přizpůsobené našim aplikacím
- Inteligentní kompenzace
 - též sledování tolerancí každého dílu
 - elasticity systému (dynamická kompenzace ohýbání)

- Volné polohování pro měnící se sílu v procesu
 - bez pevného dorazu na nástroji
 - přesnost polohování 0,01 mm
- Vyhodnocování v reálném čase
 - okamžitá reakce na údaje o procesu a kvalitě
 - žádné zpoždění způsobené pomalým přenosem
 - okamžitá dostupnost SPC - dat
- Přesná a masivní mechanická konstrukce
- Systém je okamžitě připravený pro použití
 - standardní profil zdvihu vyžaduje jen zadání pozice a rychlosti
 - systém je sám automaticky parametrizuje
- Možnost optimálního přizpůsobení individuálním požadavkům díky modulárnímu designu
- Optimalizace procesu prostřednictvím nastavitelných parametrů (zdvih, síla, rychlost)
- Jednoduché přizpůsobení různým výškám nástroje a jednoduchému přestavení zdvihu a výšky
- Lehké a přesné nastavení nástroje, otvoru a T - drážky s ustavovanou šroubem v základním stole
- Dodatečné bezpečnostní měření při používání těžkých nástrojů v případě použití volitelného zařízení pro setrvání berana v základní poloze
- Nízká úroveň hluku
- Vysoká flexibilita díky krátkým třídícím časům
- Dlouhá životnost a vysoká přesnost díky teflonem pokrytým pouzdrům, odolným vůči opotřebení, umístěným na vrchu a spodku válce
- Přesný základní beran
- Přesné, dvojité teflonové vedení berana



Obr. 10 Elektrický lis SCHMIDT

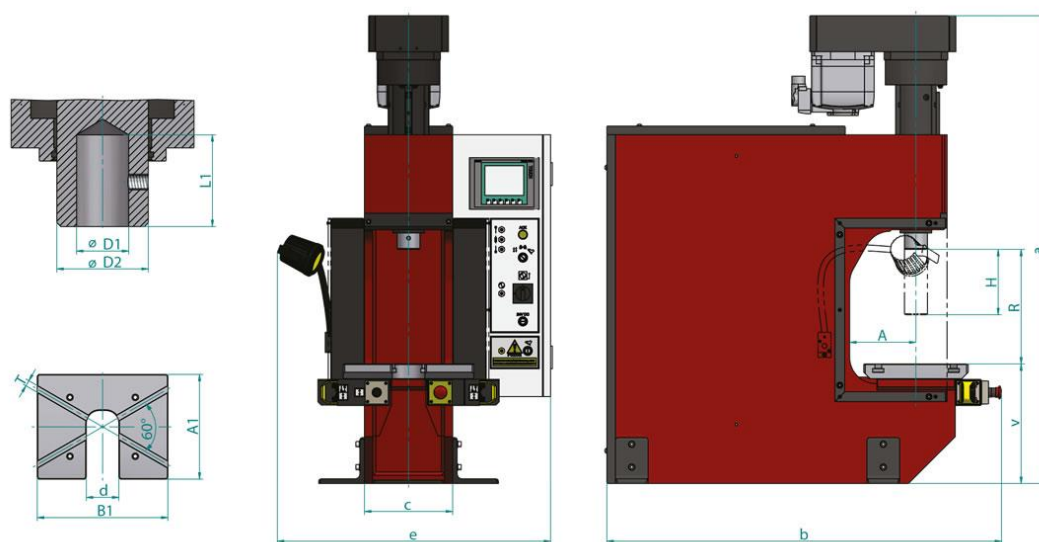
Základními parametry tohoto lisu:

- maximální délka prostřihávaného profilu: 160 mm
- maximální pracovní výška: 500 mm
- maximální prostřihávací síla: Od 15 N do 150 kN

Univerzální elektrické lisy ELS xx DEU

Základní charakteristika:

- tichý provoz
- malé nároky na spotřebu energie
- vysoká přesnost najetí na polohu (hloubky zalisování)
- velké pracovní rychlosti = vysoká produktivita
- lisy lze umístit přímo na pracovní stůl
- lisy nevyžadují kotvení



Obr. 11 Elektrický univerzální lis ELS

Základními parametry tohoto lisu:

- maximální prostřihávací síla: 10 kN

6.1.5 Ruční střížní stroje [1]

Pákové lisy EMG 20 HR

Jedná se o stolní pákový lis, který je ručně ovládaný s maximální razící silou až 20 kN .

Základní parametry:

Razící síla (kN)	20
Zdvih (mm)	60
Max.výška dílce (mm)	120-280
Hloubka C-profilu (mm)	130
Hmotnost (kg)	65



Obr. 12 Ruční pákový lis EMG

SIEMENS DRÁSOV - Ruční vřetenový lis



Obr. 13 Ruční vřetenový lis

Lis se používá při kompletaci střížných nástrojů k zalisování střížníků do kotevní desky.

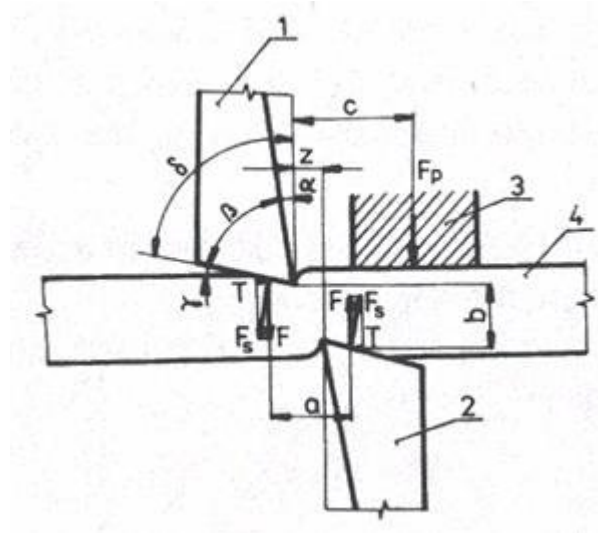
Hlavní částí je rám, jako u všech lisů. Maximální síla je vyvinuta mechanickým otáčením kola, které je na obrázku žlutou barvou.

7 Návrh variant

Při návrhu variant se bere ohled na samotnou konstrukci střížného nástroje, kde nejdůležitější složkou je střížná síla F_s . Všechny varianty jsou vytvořeny pro střížnou sílu $F_s=20\text{kN}$. Střížný nástroj je dán a jeho konstrukce se nemění. Proto krátký popis odvození střížné síly.

V důsledku mezery mezi střížníkem a střížnicí střížné síly nepůsobí při skutečném procesu ideálně v jedné rovině, kdy střížná síla F_s se rozkládá na složku třecí (T) a normálovou (F), což způsobuje jednak vznik ohybových momentů a jednak vznik jednotlivých pásem na konečném výrobku nebo polotovaru.

Moment $M_p = F \cdot a$ se snaží materiál natočit, čemuž je možné zabránit použitím přidržovače, klopný moment $M_T = T \cdot b$ je možno zmenšit zvětšením úhlu čela γ . Sílu přidržovače určíme ze vztahu $F \cdot a = F_p \cdot c$, kde a je 1,5 až 2 násobek střížné mezery (a je označena jako z). Složka síly T se snaží od sebe nože oddálit a nastává jejich ohyb (nebezpečí zlomení). [16]



Obr. 14 Princip a silové působení u stříhu s rovnoběžnými noži
1 – horní pohyblivý nůž, 2 – dolní pevný nůž, 3 – přidržovač, 4 – stříhaný materiál

Velikost střížné síly při stříhu s rovnoběžnými noži se vypočítá ze vztahu:

$$F_s = (1,1 \text{ , } 1,3) \cdot O \cdot s \cdot \tau_s$$

kde s ... tloušťka plechu [mm],

O ... střížný obvod [mm],

τ_s ... napětí ve smyku, stříhová pevnost - $\tau_s = 0,8 \cdot R_m$ [MPa],

S ... plocha průřezu ve střížné rovině - $S = O \cdot s$ [mm²].

Při konstrukci navrhujeme několik variant řešení a poté vybereme tu nejvhodnější pro naše podmínky a požadavky. Při zpracovávání jednotlivých variant uvažujeme stále stejná zatížení, různé způsoby pohonu soustavy, jednoduchost konstrukce a způsob zpracování. Měníme, nebo-li vyhodnocujeme způsob uchycení jednotlivých dílů soustavy. Uchycení dílů máme na mysli kinematické vazby mezi jednotlivými součástmi. Pro znázornění řešení používáme zjednodušené kinematické schéma, z něhož je patrný způsob a rozmístění jednotlivých členů mechanismu a jejich spojení.

7.1 Varianta 1

U první varianty řešíme způsob uchycení hydraulického válce vertikálně k rámu. Toto uchycení je kinematicky složitější, viz. obrázek 15. Volíme přenos síly pomocí dosedacích ploch, které se po sobě posouvají.

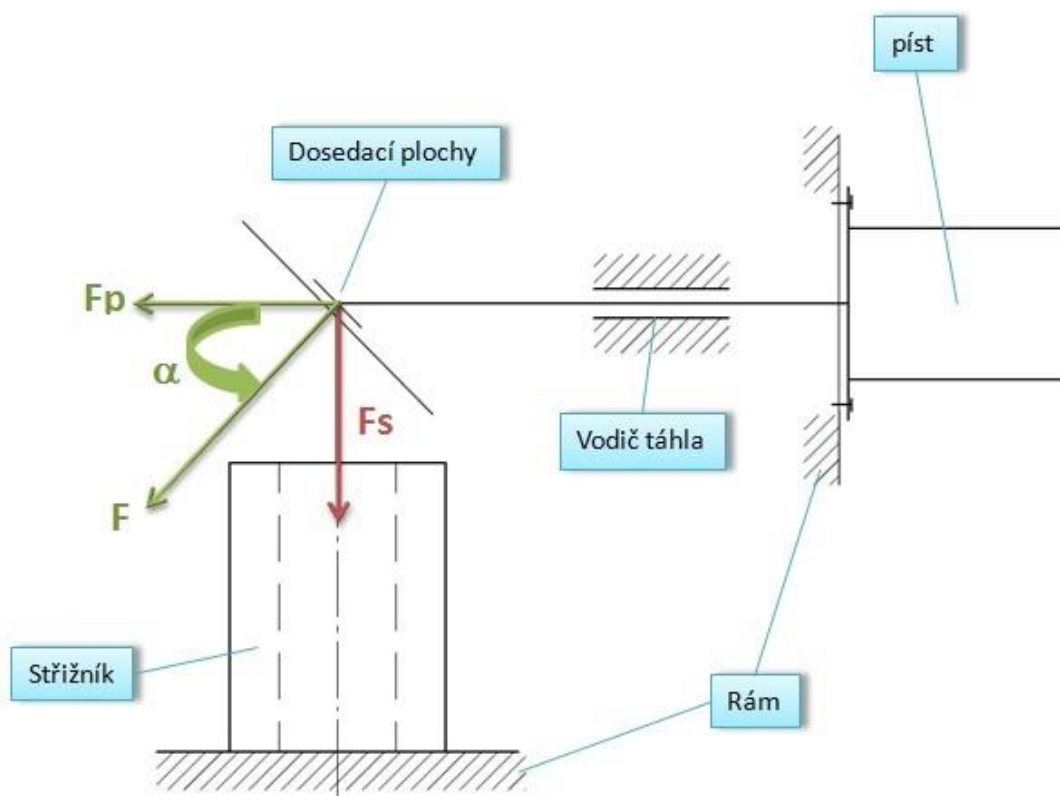
výhody:

- posuvný pohyb
- lze vyvodit statické zatížení
- velké síly při relativně malých rozměrech
- velká dynamika, vysoké rychlosti
- udržení definované polohy

- odolnost proti působení vnější síly
- možnost montáže demontáže střižného nástroje

nevýhody:

- potřeba zdroje tlakové kapaliny
- neekologické medium
- vysoké tlaky – nároky na všechny komponenty hydraulického rozvodu
- energeticky náročné
- vysoká cena
- problematika těsnění pístnice, odsávání průsaků



Obr. 15 Varianta 1

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_x}{F_s} \rightarrow F_x$$

$$F_x = \frac{F_s}{\operatorname{tg} \alpha}$$

7.2 Varianta 2

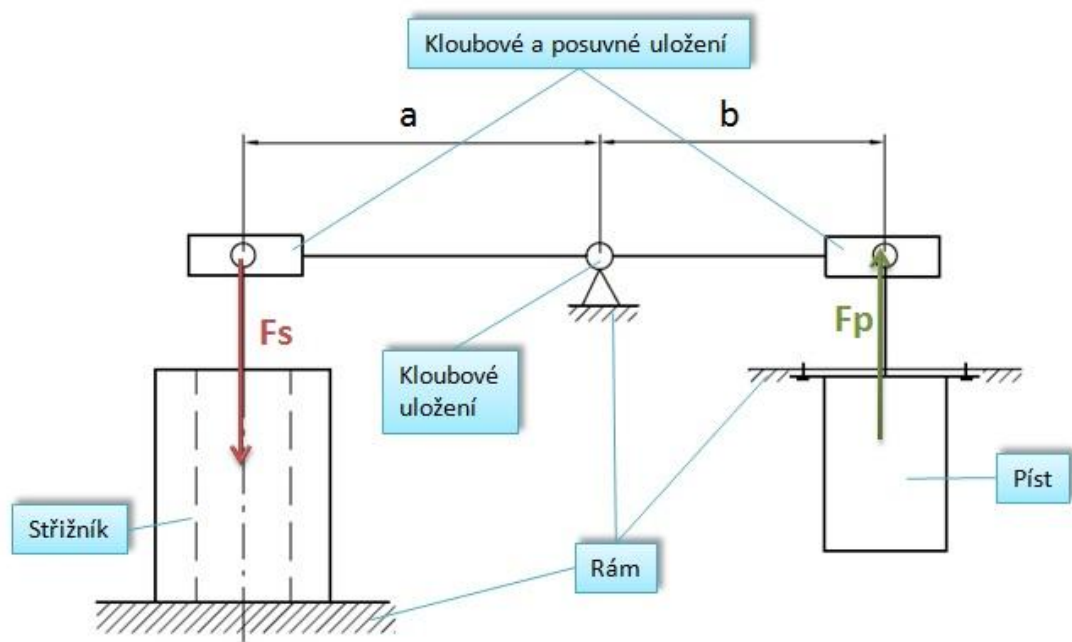
Druhá varianta řešení je založena na přenosu střižné síly pomocí páky, která je umístěna v kloubovém uložení. To znamená uložena v ložiskách, respektive domečkách. Na obrázku 16 vidíme rozmístění soustavy a jejich kinematické uložení jednotlivých prvků mechanismu. Dále jsou i zobrazeny rozměry páky. Při detailnější konstrukci může nastat, že velikost a bude rovna b ($a=b$). Z toho vyplývá, že i síly by byly stejné $F_s = F_p$. Pro vytvoření síly od pístu je zde použit pneumatický válec.

výhody:

- cena + široká nabídka, velký počet výrobců a dodavatelů
- široká škála typů a provedení
- posuvný pohyb
- lze vyvodit statické zatížení
- jednoduchost zapojení, snadná montáž (hadice, rychlospojky)
- využívají ekologicky nezávadné medium (vzduch)
- relativní dostupnost energie (v průmyslu většinou k dispozici tlakový vzduch)

nevýhody:

- stlačitelnost vzduchu (plyn) - velký vliv vnějšího zatížení na polohu a rychlost
- velké síly = buď vysoký tlak vzduchu, nebo velká plocha pístu
- nemožná regulace polohy – koncovou polohu lze definovat jen mechanickými dorazy
- možnost změny polohy vnější silou



Obr. 16 Varianta 2

$$F_s * a + F_p * b = 0$$

$$F_p \geq \frac{F_s * a}{b}$$

7.3 Varianta 3

U varianty číslo tři je jako budič pro vytvoření síly použit lineární motor, který pomocí táhla umístěného ve vodícím pouzdře, přenáší přes tuhý člen sílu na střížný nástroj. Jak je vidět na obrázku 17 kinematického schéma.

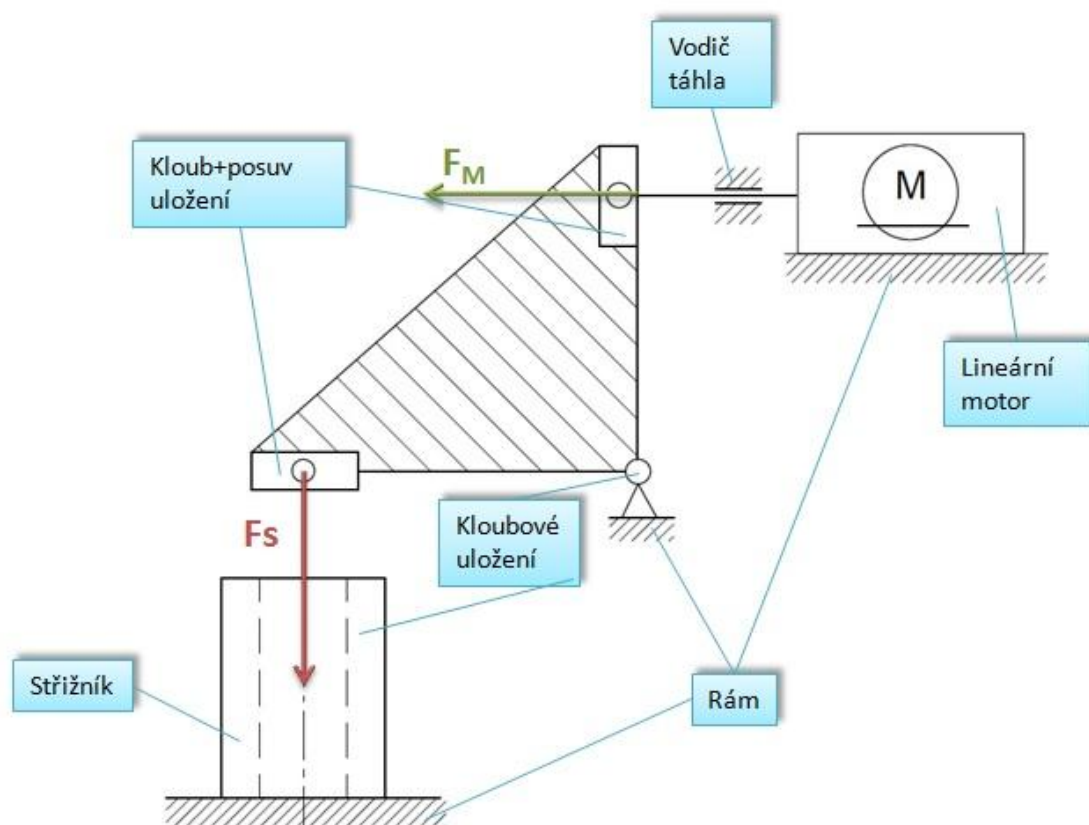
výhody:

- cena + široká nabídka, velký počet výrobců a dodavatelů
- široká škála typů a provedení
- jednoduchost zapojení, žádné další přídavné zdroje energie, dostupnost energie
- snadná regulace, vysoká přesnost
- široká oblast použití

- energeticky úsporné – velká účinnost

nevýhody:

- závislost krouticího momentu elektromotorů na otáčkách
- nelze přímo vyvodit statické zatížení (bez otáček motoru)
- většinou nelze použít samostatný motor bez převodovky
- použití převodovek snižuje výslednou dynamiku
- pouze lineární pohyb, malé výchylky



Obr. 17 Varianta 3

$$tg \propto \frac{F_M}{F_S} \rightarrow F_M$$

$$F_M = \frac{F_S}{tg \propto}$$

7.4 Varianta 4

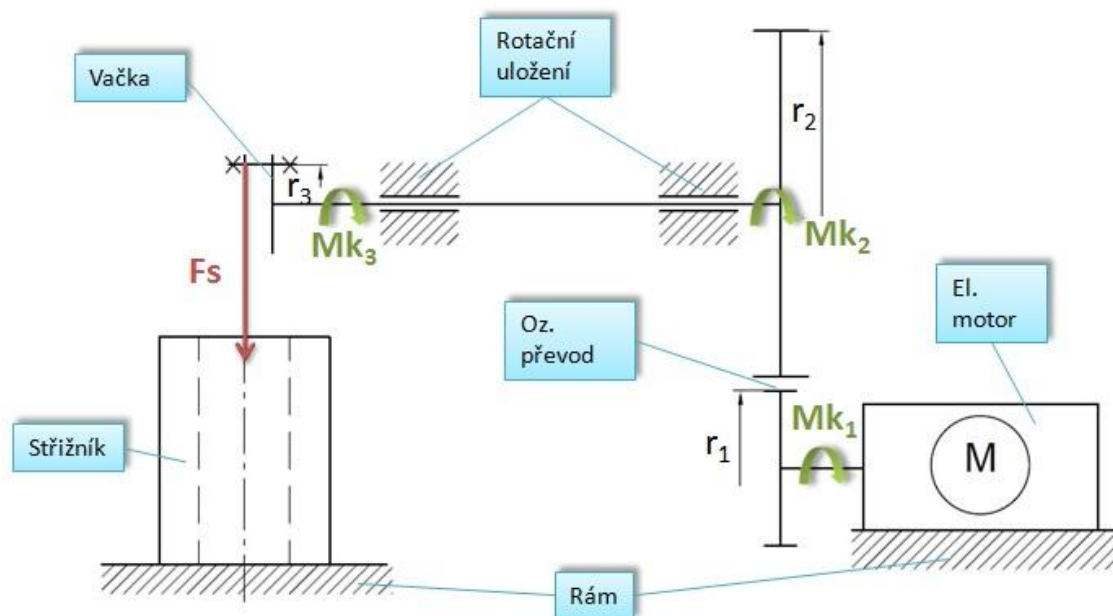
U této varianty byl přístup odlišný než u předchozích variant. A to v přenosu síly, nebo-li kroutícího momentu. Kde vycházíme z elektromotoru, kde kroutící moment přenášíme pomocí ozubeného převodu a dále tento kroutící moment přenášíme na střižný nástroj pomocí vačkového mechanismu, jak je vidět na obrázku 18.

výhody:

- cena + široká nabídka, velký počet výrobců a dodavatelů
- široká škála typů a provedení (asynchronní, stejnosměrné, krokové)
- jednoduchost zapojení, žádné další přídavné zdroje energie, dostupnost energie
- snadná regulace, vysoká přesnost
- široká oblast použití (posuvy, rotace)
- libovolné signály (harmonické, náhodné, reálné, jednorázové)
- energeticky úsporné – velká účinnost

nevýhody:

- jen rotační pohyb
- závislost kroutícího momentu elektromotorů na otáčkách
- nelze přímo vyvodit statické zatížení (bez otáček motoru)
- většinou nelze použít samostatný motor bez převodovky
- použití převodovek snižuje výslednou dynamiku



Obr. 18 Varianta 4

$$M_{k1} = F_1 * r_1$$

$$M_{k1} = M_{k2} = F_2 * r_2 \rightarrow F_2$$

$$i = \frac{M_{k2}}{M_{k1}} \rightarrow M_{k2}$$

$$M_{k2} = M_{k3} = F_3 * r_3 \rightarrow F_3$$

$$F_3 \geq F_s$$

7.5 Varianta 5

Varianta číslo pět, jak je vidět na obrázku 19, vychází z jednoduchosti konstrukce, kde pneumatický válec je umístěn horizontálně nad střížným nástrojem. Pneumatický válec je připevněn samostatně k rámu a nikoliv přímo ke střížnému nástroji, jako tomu je u stávajícího řešení. Síla z pneumatického válce na střížný nástroj je přes kompenzační spojku, která eliminuje nesouosost táhla pneumatického válce a táhlem střížného nástroje.

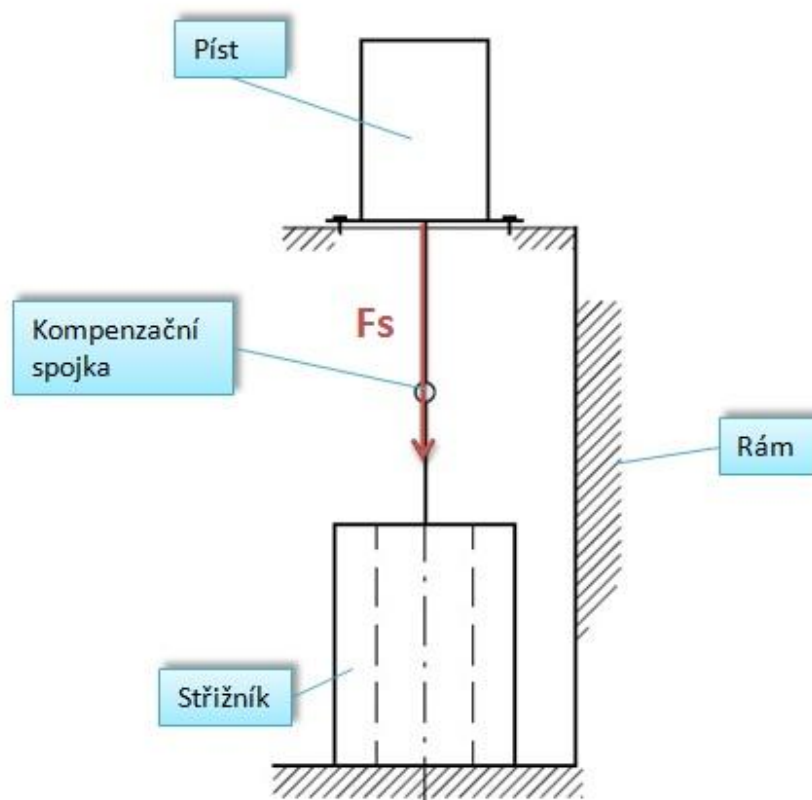
výhody:

- jednoduchost

- cena konstrukce
- při použití pneumatického válce jednoduchost zapojení, snadná montáž (hadice, rychlospojky)
- využívají ekologicky nezávadné medium (vzduch)
- relativní dostupnost energie (v průmyslu většinou k dispozici tlakový vzduch)

nevýhody:

- stlačitelnost vzduchu (plyn) - velký vliv vnějšího zatížení na polohu a rychlost
- velké síly = buď vysoký tlak vzduchu, nebo velká plocha pístu
- nemožná regulace polohy – koncovou polohu lze definovat jen mechanickými dorazy
- možnost změny polohy vnější silou
- velikost zástavbových rozměrů (výška)



Obr. 19 Varianta 5

$$F_p \geq F_s \geq 20000N$$

7.6 Výběr vítězné varianty

Za pomoci rozhodovací analýzy byl vybrán koncept, který nejlépe splňuje zadání projektu. Rozhodovací analýza je metoda vhodná k řešení jednoduchých či složitých rozhodovacích problémů v řízení. Podstata analýzy je v použití standardních programů a postupů k vyjádření preference variant. Měří a srovnává užitnou hodnotu a určuje tak výsledný efekt jednotlivých variant. Tato metoda hodnotí každý koncept na základě předem stanovených kritérií, která mohou mít různé váhy podle toho, jak důležitá jsou jednotlivá kritéria pro danou firmu, pro kterou je tento výrobek vyvíjen.

Hodnotící kritérium	Váha [%]	Koncepty									
		Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3		Varianta 4		Varianta 5	
		Hodnota	VH	Hodnota	VH	Hodnota	VH	Hodnota	VH	Hodnota	VH
Složitost výměny nástroje	15	3	0,45	3	0,45	3	0,45	3	0,45	3	0,45
Údržba	5	2	0,1	2	0,1	1	0,05	1	0,05	2	0,1
Výška zástavby v prac. Prostoru	15	3	0,45	4	0,6	2	0,3	3	0,45	1	0,15
Životnost	10	2	0,2	3	0,3	3	0,3	2	0,2	3	0,3
Ergonomie pracoviště	20	2	0,4	3	0,6	2	0,4	2	0,4	1	0,2
Energetická náročnost	5	1	0,05	2	0,1	3	0,15	1	0,05	2	0,1
Složitost stroje	15	1	0,15	2	0,3	2	0,3	1	0,15	4	0,6
Přenos síly	15	1	0,15	3	0,45	2	0,3	2	0,3	4	0,6
Součet	100	1,95		2,9		2,25		2,05		2,5	
Pořadí		5.		1.		3.		4.		2.	
Další postup		NE		ANO		NE		NE		NE	

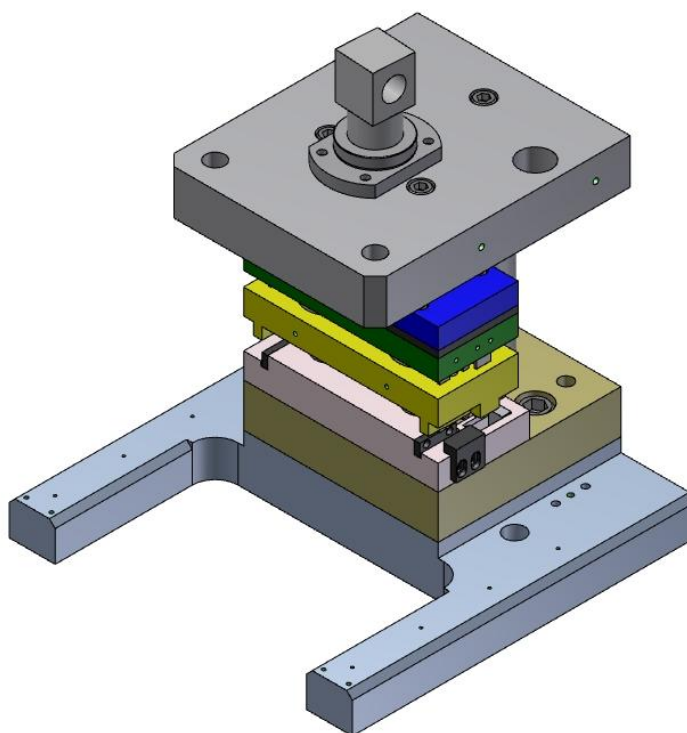
Tab. 2 Rozhodovací tabulky

Závěrem z této rozhodovací tabulky 2 je vyplynutí vítězného konceptu, což je varianta 2. V následujících kapitolách se tedy budeme zabývat podrobným rozebráním jejího konstrukčního návrhu a popisem jednotlivých funkčních částí.

8 Rozpracování vítězné varianty

Ze všech známých veličin k danému tématu. Volíme vhodnou konstrukci, kterou jsme vybrali v předchozích kapitolách. Prověříme výpočtem a analýzami, pomocí metody konečných prvků. Konstrukce je navržena co nejjednodušeji pro samotnou výrobu a ekonomiku. Popřípadě dalšími konstrukčními fázemi bude konstrukce upravena s ohledem na zmíněné faktory.

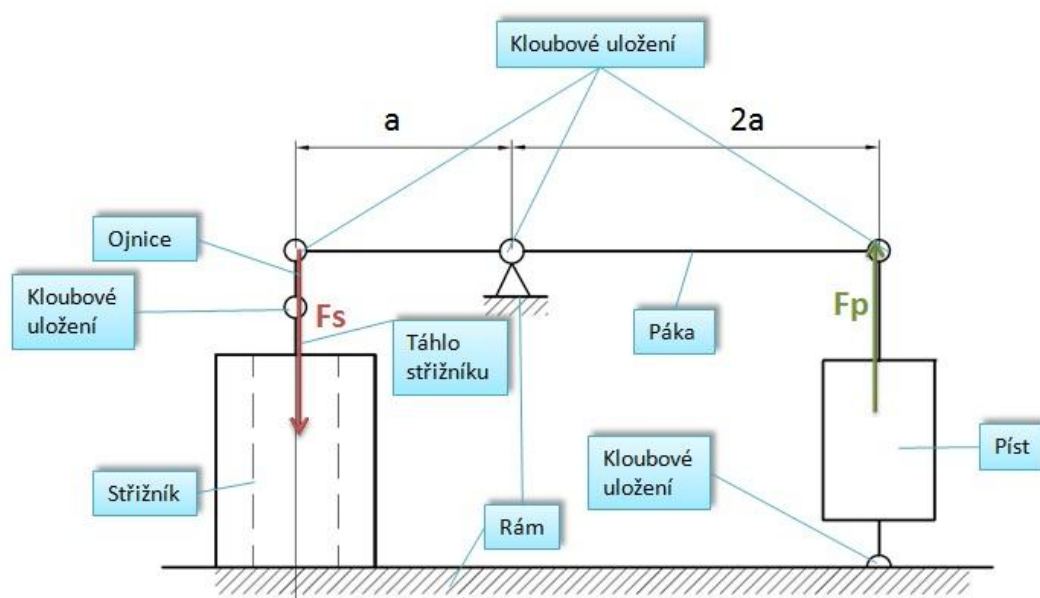
Při inovaci jednoúčelového střižného stroje vycházíme z konstrukce střižného nástroje, která je dána a ta se nemění. Model střižného nástroje ve 3D je zobrazen na obrázku 20.



Obr. 20 Střižný nástroj

Pomocí tohoto známého modelu pokračujeme dále v konstrukci podle vítězné varianty řešení.

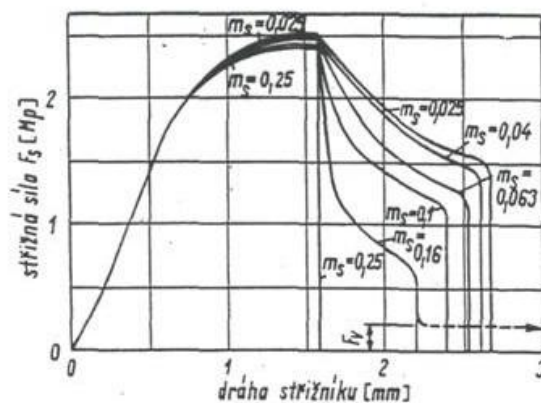
Při zpracování vítězné konstrukce, která je zobrazena na obrázku 16 na straně 34, dochází ke změně řešení uložení. Kde píst musí tvořit v páce vazbu posuv a kloub je řešeno způsobem uložení pístu kloub v páce a kloub k rámu (viz obrázek 21). Uložení na druhé straně páky, kde je též vazba posuv kloub, je uvažováno více variant řešení, např. uložení excentrické, uložení pomocí speciálního dílu komerční firmy. V tomto případě volíme vložení mezi páku a táhlo střížného stroje ojnice, která bude uložena v páce kloubem a v táhlu střížného nástroje bude taky kloub, viz obrázek 21. Tímto se konstrukce od původního řešení změní a to v důsledku dodržení kinematických vazeb a vhodnosti namáhání jednotlivých dílů.



Obr. 21 Schéma konstrukce

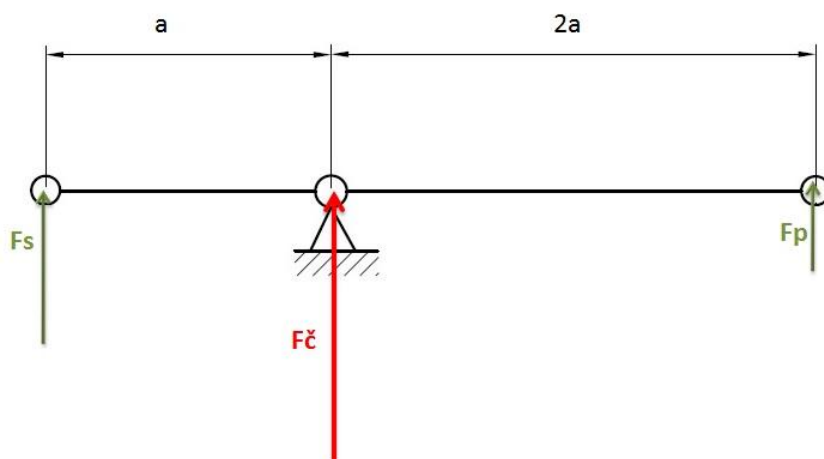
8.1 Silový rozbor konstrukce

Dále budou řešeny silové poměry na páce. A to před stříhem, při samotném stříhu. Při tomto řešení bereme v potaz samotnou teorii stříhu, kde při stříhání nepůsobí konstantní síla po celou dobu (dráhu střížníku) stříhání, jak je znázorněno na obrázku 22. Závislost síly pro stříhání je závislá na střížné mezeře.



Obr. 22 Průběh síly při stříhání

S ohledem na tyto skutečnosti bude konstrukce páky a ojnice (viz. obr. 21) v postavení při dosažení maximální střížné síly v horizontální poloze viz obrázek 23.



Obr. 23 Silové poměry na páce v horizontální poloze

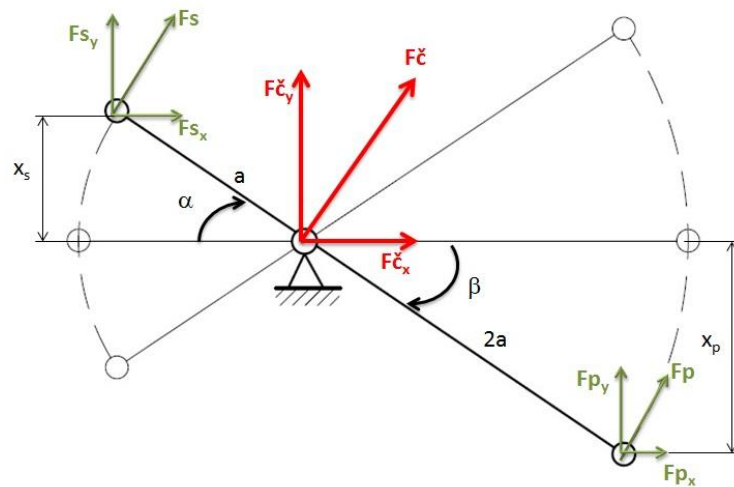
Dáno: $F_s=20\text{kN}$, $F_p=10\text{kN}$, $a=112,5\text{ mm}$

$$\uparrow : F_s + F_{\check{c}} + F_p = 0 \rightarrow F_{\check{c}} = -F_s - F_p$$

$$\uparrow : F_{\check{c}} = -20 - 10$$

$$\uparrow : F_{\check{c}} = -30\text{ kN}$$

Dáno: $F_s=20\text{kN}$, $F_p=10\text{kN}$, $a=\text{mm}$, $x_s=17\text{mm}$, $x_p=34\text{mm}$



Obr. 24 Silové poměry na páce

Levá strana:

$$\sin \alpha = \frac{x_s}{a} = \frac{17}{112,5} \rightarrow \alpha = 8,7^\circ$$

$$\cos \alpha = \frac{F_{s_y}}{F_s} \rightarrow F_{s_y} = \cos \alpha * F_s = \cos 8,7 * 20 = 19,77 [\text{kN}]$$

$$\sin \alpha = \frac{F_{s_x}}{F_s} \rightarrow F_{s_x} = \sin \alpha * F_s = \sin 8,7 * 20 = 3,03 [\text{kN}]$$

Pravá strana:

$$\sin \beta = \frac{x_p}{2a} = \frac{34}{225} \rightarrow \beta = 8,7^\circ$$

$$\cos \beta = \frac{F_{p_y}}{F_p} \rightarrow F_{p_y} = \cos \beta * F_p = \cos 8,7 * 10 = 9,88 [\text{kN}]$$

$$\sin \beta = \frac{F_{p_x}}{F_p} \rightarrow F_{p_x} = \sin \beta * F_p = \sin 8,7 * 10 = 1,51 [\text{kN}]$$

Reakce v čepu:

$$\rightarrow: F_{s_x} + F_{\check{x}} + F_{p_x} = 0 \rightarrow F_{\check{x}} = -F_{s_x} - F_{p_x} = -3,03 - 1,51 = -4,54 [\text{kN}]$$

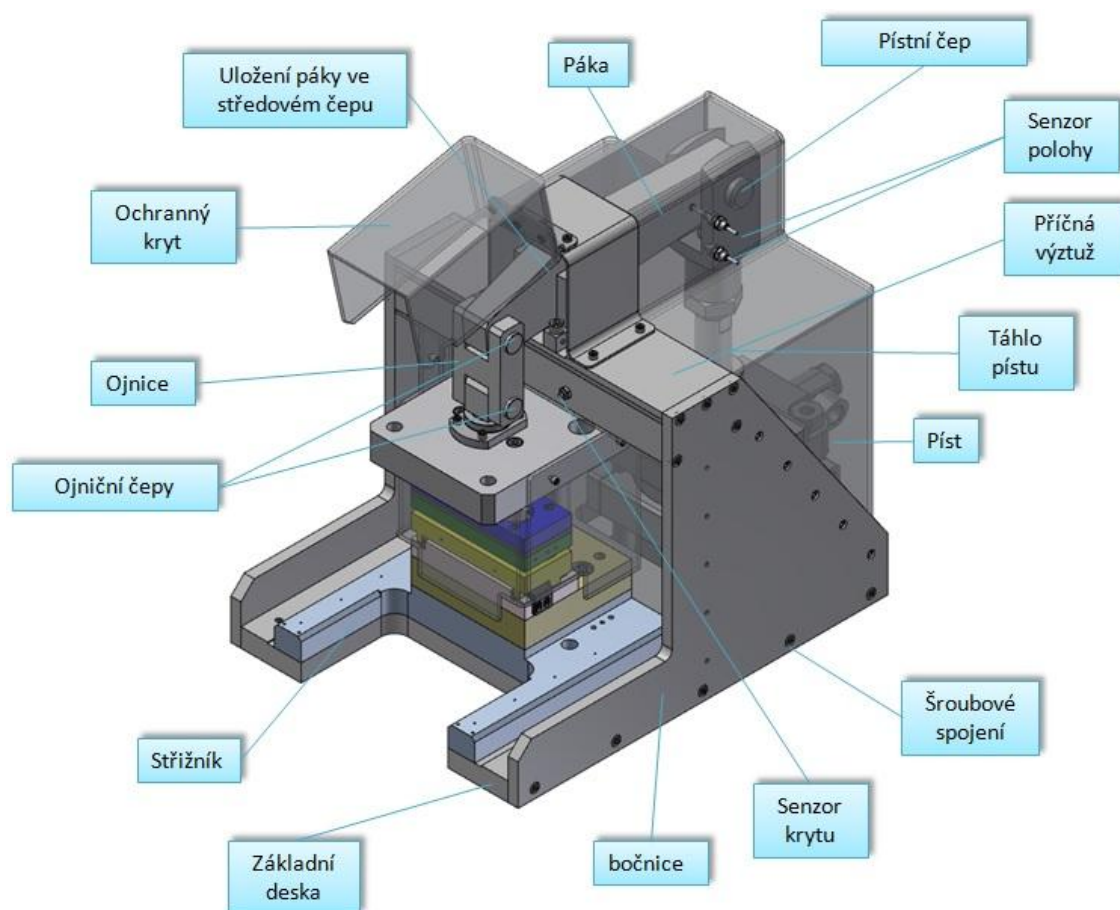
$$\uparrow: F_{s_y} + F_{\check{y}} + F_{p_y} = 0 \rightarrow F_{\check{y}} = -F_{s_y} - F_{p_y} = -19,77 - 9,88 = -29,65 [\text{kN}]$$

$$F_{\check{}} = \sqrt{F_{\check{x}}^2 + F_{\check{y}}^2} = \sqrt{4,54^2 + 29,65^2} = 30,00 [\text{kN}]$$

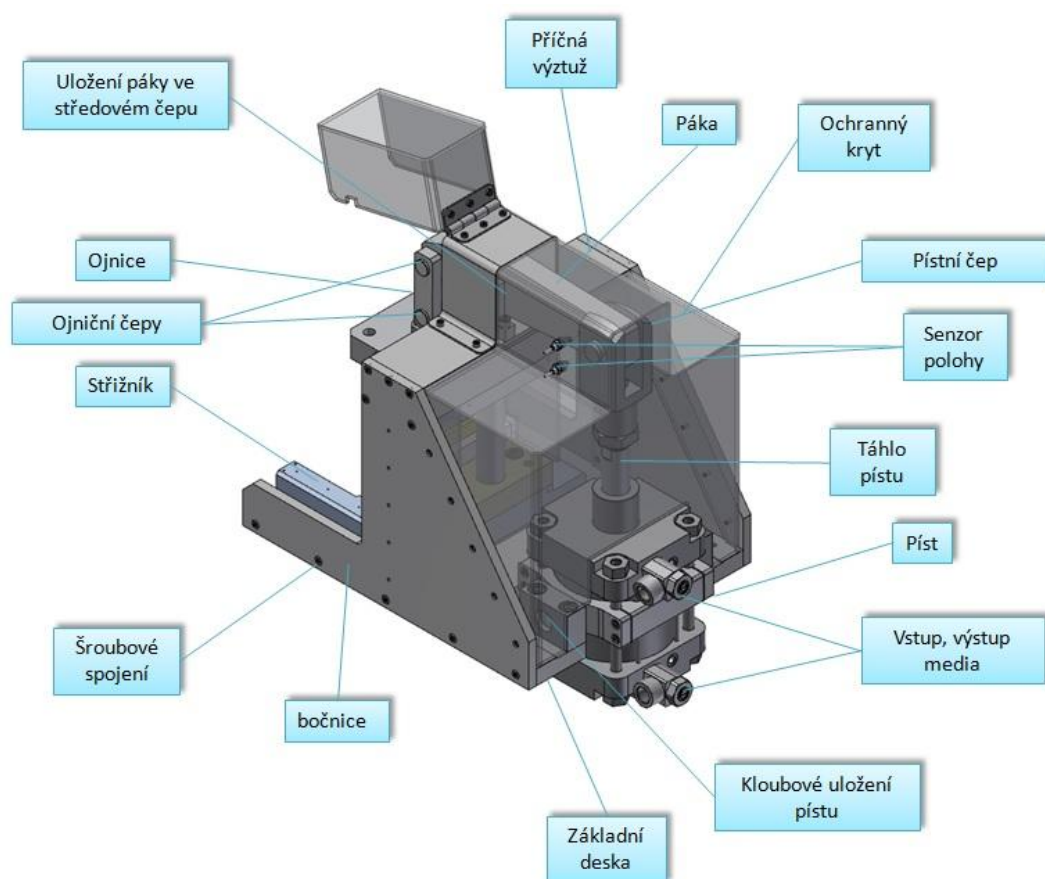
8.2 Konstrukce mechanismu střížného stroje a popis

Podle předchozího silového rozboru byl vytvořen 3D model mechanismu jednoúčelového střížného stroje, který je zobrazen na obrázku 25 a 26. Na těchto modelech je vidět konstrukce, způsob uchycení, použité komponenty. Vhodnost této konstrukce budeme dále kontrolovat výpočty a metodou konečných prvků.

Na obrázku je i popis pro sjednocení názvosloví konstrukce, které se objevuje i v dalším komentování práce.



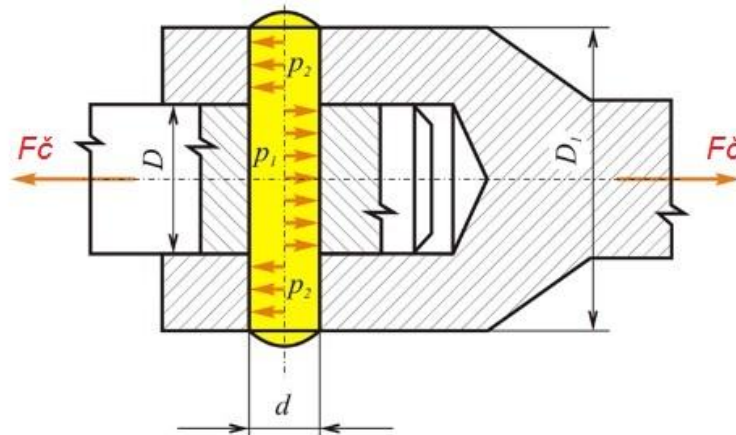
Obr. 25 3D model konstrukce mechanismu



Obr. 26 3D model konstrukce mechanismu

8.3 Kontrolní výpočty konstrukce

Jak bylo již zmíněno, v této kapitole se zabýváme kontrolou vhodnosti konstrukce. Metodu výpočtu použijeme k ukázce kontroly čepu (obrázek 27), kde je maximální střížná síla, kde čep bude kontrolován na otláčení a na stříh. Dále použijeme výpočet ke kontrole šroubového spojení. Pro další kontrolu bude použita metoda konečných prvků, kterou se budeme zabývat v další kapitole.

Výpočet čepu:

Obr. 27 Čepové spojení

$$\tau_s = \frac{F_{\check{c}}}{2S_1} \leq \tau_{DS}$$

$$S_1 = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * 0,035^2}{4} = 9,6 * 10^{-4} [m^2]$$

$$\tau_s = \frac{30000}{2 * 9,6 * 10^{-4}} = 15625000 [Pa] = 16 [MPa]$$

$$p_1 = \frac{F_{\check{c}}}{S_2} \leq p_{D1}$$

$$p_1 = \frac{F_{\check{c}}}{S_2} = \frac{F_{\check{c}}}{D * d} = \frac{30000}{0,035 * 0,035} = 24489796 [Pa] = 24 [MPa]$$

$$p_2 = \frac{F_{\check{c}}}{S_3} \leq p_{D2}$$

$$p_2 = \frac{F_{\check{c}}}{S_3} = \frac{F_{\check{c}}}{(D_1 - D) * d} = \frac{30000}{2 * 0,013 * 0,030} = 38461538 = 38 [MPa]$$

$$\tau_{DS} = 0,6 * \sigma_{Dt} = 0,6 * \frac{0,6 * \sigma_{pt}}{k} * c_{II} = 0,6 * \frac{0,6 * 800}{2} * 0,8 = 115,2 [MPa]$$

$$p_D = \sigma_{Dd} = \sigma_{Dt} = \frac{0,6 * \sigma_{pt}}{k} * c_{II} = \frac{0,6 * 370}{2} * 0,8 = 88,8 [MPa]$$

τ_s, τ_{Ds} ... napětí ve smyku (dovolené)

Fč..... zatěžující síla

S jmenovitý průřez

 p, p_D ... otláčení (dovolené)

D ... délka na páce

D₁ celková délka

d ... průměr čepu

k bezpečnost

Výpočet šroubového spoje:

Pro kontrolu jsou provedeny výpočty šroubového spojení domečků pro páku mechanismu. Tyto součásti jsou upevněné šrouby a působí na ně tahová síla. Konkrétně domečky jsou zajištěny čtyřmi matkami velikosti M10.

Zde počítáme maximální napětí v tahu, které bude působit na šrouby M10 vzduchového válce. Počítáme jmenovitou plochu průřezu závitu, kterou dosadíme do napěťové rovnice. Výsledkem je max. napětí v tahu.

$$S = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$$

$$S = \frac{\pi}{4} \left(\frac{0,009026 + 0,008160}{2} \right)^2 = 5,958 \cdot 10^{-5} [m^2]$$

$$\sigma_c = \frac{F_{\text{č}}}{n \cdot S}$$

$$\sigma_c = \frac{30000}{4 \cdot 5,958 \cdot 10^{-5}} = 125881168 [Pa] = 126 [MPa]$$

Při výsledné hodnotě $\sigma_c = 126$ MPa považujeme tento spoj za vyhovující.

 σ_c ... napětí v tahu

Fč zatěžující síla

S jmenovitý průřez šroubu

 d_2 ... střední průměr závitu šroubu d_3 ... malý průměr závitu šroubu

n počet kusů

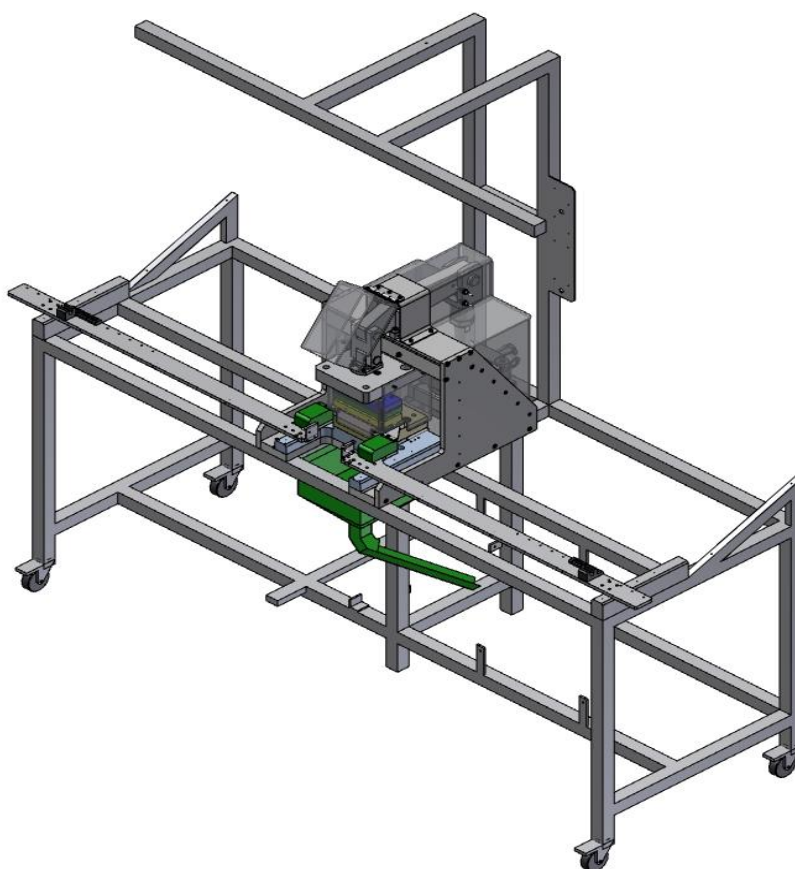
Z důvodů velice malého tahového napětí, které zatěžuje šroubový spoj nejvíce, ostatní výsledky, jako je např. smykové napětí a otláčení, můžeme zanedbat. Tyto

výsledky se daly očekávat z důvodů sériové výroby domečků a voleného typu podle zatížení.

Ostatní části, které jsou šroubované nebo jiným způsobem spojené, kontrolujeme pomocí analýzy, metody konečných prvků.

8.4 Konstrukce jednoúčelového střížného stroje

K hlavní části jednoúčelového střížného stroje, což je mechanismus střížného stroje, byl vytvořen rám a další komponenty, podle původního jednoúčelového střížného stroje. Části které vyhovovaly byly zachovány a to z důvodu rychlejšího zaučení operátora s jednoúčelovým střížným strojem. Jak je znázorněné na 3D modelu jednoúčelového střížného stroje, který je zobrazen na obrázku 28 byl zachován zástavbový prostor a uspořádání pracoviště. Na základě tohoto 3D modelu byl vytvořen výkres sestavy s kusovníkem, výrobní výkres páky a hlavního čepu páky. Tato dokumentace je v příloze, která je součástí diplomové práce.



Obr. 28 3D model konstrukce mechanismu s rámem

8.5 Analýza konstrukce pomocí MKP

Pro zjištění správnosti konstrukce, budeme používat analýzu. V našem případě použijeme dvou analýz a to napěťová pro páku, sestavu a v dalším případě použijeme analýzu posunutí.

Výsledky pevnostních výpočtů za pomoci programového prostředí Mechanika, metody konečných prvků, jsou klíčovou složkou vývoje takto vysoce mechanicky namáhaných součástí. Díky vysokému výpočtovému výkonu pracovních stanic, mohl být proveden velký počet analýz, zjišťujících vliv konstrukčních úprav na změny napětí.

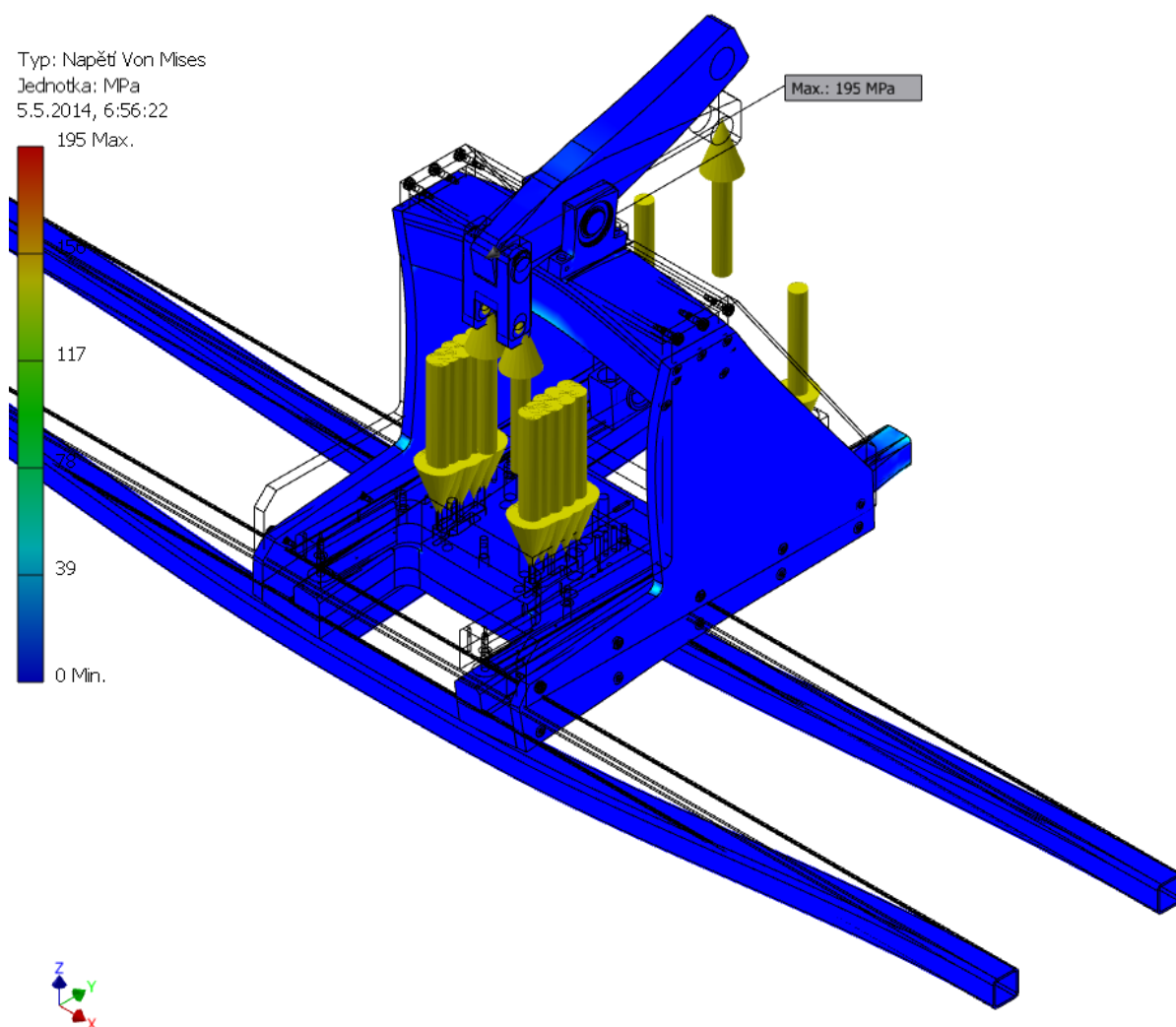
Ve výpočtové analýze byla definována jako materiál ocel z materiálové knihovny programu Solid Edge. Budeme předpokládat, že svarový spoj je minimálně stejně pevný, jako by se jednalo o celistvý materiál. Díky tomu můžeme svary v pevnostní analýze zanedbat a uvažovat těleso jako jednotný celek. A takto budeme uvažovat i o šroubových spojích jako jeden celek.

8.5.1 Analýza sestavy

Pro kontrolu správnosti konstrukce, jsme použili analýzu posunutí zobrazenou na obrázku 30. Kde výsledné hodnoty ukazují předpokládané namáhání konstrukce a její vhodnost.

Pro zjištění celkového působení střížníku na rám byla provedena simulace při reálném uložení. Střížník byl umístěn na část původního ocelového rámu. Pro snížení počtu elementů byla použita pouze část rámu jejíž konce byly vetknuty. Díky množství vzpěr rámu je reálná tuhost mnohem vyšší, než při provedené analýze. Cílem návrhu střížníku ale je, aby se většina napětí a deformace koncentrovala ve střížníku a na vnější rám se přenášely minimální účinky. Střížník byl přichycen k rámu pomocí vázaných dotyků v oblasti šesti původních šroubů. Model byl omezen pouze na funkční komponenty, které výsledky přímo ovlivňují a jejichž chování nás zajímá. Na ojnici byla aplikována ideální vazba, která nahrazuje vliv uložení vodící tyče v nástroji, která nebyla součástí simulace. Ideální vazba byla dále aplikována na vnitřní vertikální plochy uložení pneumatického válce, aby nedocházelo k deformaci do stran, jelikož v

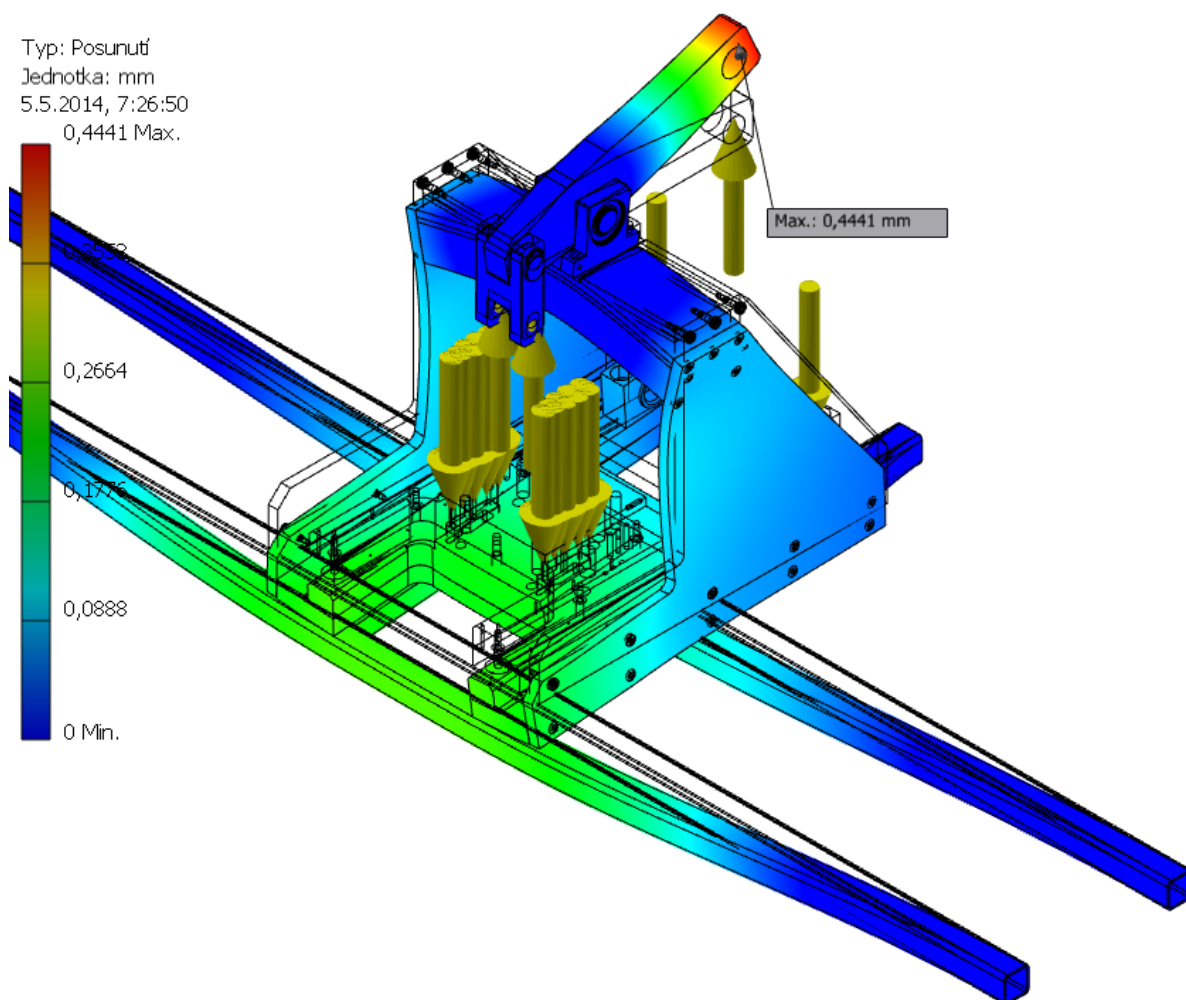
těchto místech je umístěn pneumatický válec, který byl ze simulace vynechán. Z nástroje byla převzata základová deska, která lépe pomohla rozložit zatížení. Deska byla zavazbena pomocí vázaného dotyku v místech sešroubování, jinak byla umožněna separace dosedacích ploch. Stejný způsob byl použit při uložení ramene a pneumatického válce. Rameno bylo umístěno do horizontální polohy, ve které působí největší síly. Uložení všech čepů bylo vytvořeno tak, aby byla simulována i deformace čepů. Zatížení bylo aplikováno na ojnici, rameno, uložení pneumatického válce a střížné plochy základové desky.



Obr. 29 Analýza napětí sestavy

Jak je vidět na obrázku 29 maximální hodnota napětí Von Mises je 195 MPa. Tato hodnota nastává v místě uložení ojnice v rameni. Místo s největším napětím je

vhodné překontrolovat ručním výpočtem, protože pro analýzu MKP je model zjednodušený. V reálném případě bude hrana zaoblená, což sníží riziko vzniku napěťových špiček. Po prozkoumání celého rámu bylo nalezeno několik špiček, avšak důležité nosné komponenty nepřekročily hranici 100 MPa.

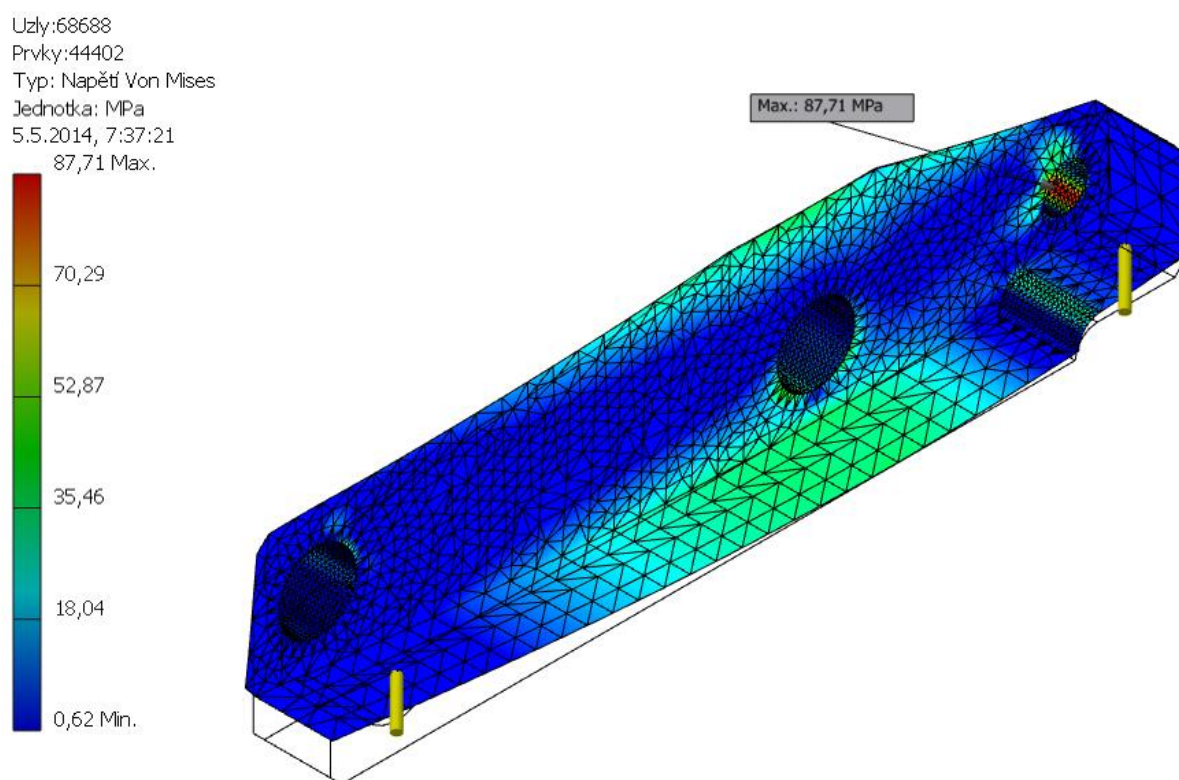


Obr. 30 Analýza posunutí sestavy

Maximální deformace byla zjištěna o hodnotě 0,44 mm (obrázek 30). Navíc tato maximální hodnota vzniká v místě ramene, kde nemá žádné negativní účinky. Mimo rameno je největší deformace v předním profilu vnějšího rámu o hodnotě 0,29 mm. Vzhledem k vyšší tuhosti reálného rámu lze brát tyto hodnoty jako dostačující.

8.5.2 Analýza páky

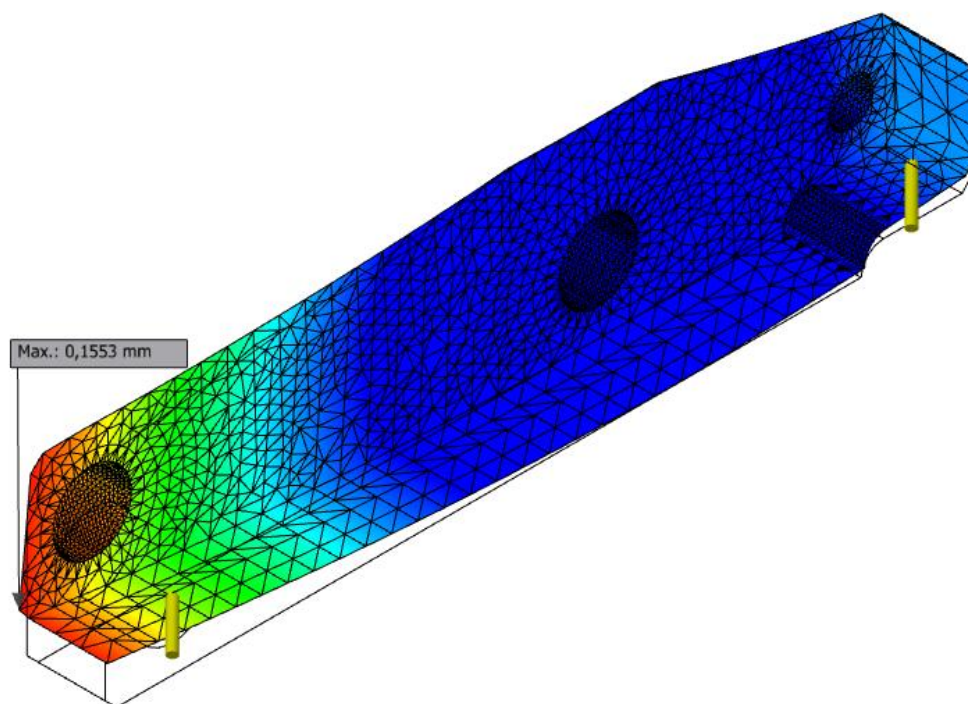
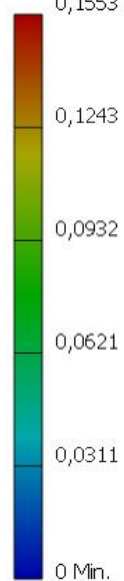
Rameno patří mezi nejnamáhanější komponenty návrhu. Jeho geometrie je poměrně složitá a proto je vhodné na podrobnější analýzu MKP. Pro analýzu byla vytvořena přiměřeně jemná síť, zahuštěná ve stěžejních plochách (jedná se o uložení a zaoblené plochy). Rameno bylo vetknuto na ploše středního čepu. V otvorech čepů ojnice a pneumatického válce bylo aplikováno zatížení formou ložiskové vazby, která nám v tomto případě nejlépe simuluje vzniklou situaci.



Obr. 31 Analýza napětí páky

Největší napětí Von Mises nastává dle předpokladů v místě uložení ojničního čepu. Výsledky lze považovat za přijatelné.

Uzly:68688
Prvky:44402
Typ: Posunutí
Jednotka: mm
5.5.2014, 7:39:43
0,1553 Max.



Obr. 32 Analýza posunutí páky

Posunutí ramene je v řádu desetin milimetru. Vzhledem k funkci ramene lze brát tyto hodnoty za plně vyhovující.

9 FMEA (Failure Mode and Effect analysis)

V dnešní době je neustálá snaha zvyšovat jakost a spolehlivost výrobku, proto je nutné podchytit případné nedostatky již ve fázi konstrukčního návrhu. FMEA je jednoduchou a účinnou metodou, která se zabývá analýzou projevů a důsledků poruch.

Pomocí více oborového týmu jsou analyzovány možné projevy poruch a k nim přiřazeny odpovídající příčiny a následky. Pro použití této metody je nutná znalost funkcí jednotlivých částí mechanismu, proto zpracování této metody vzniklo na základě debaty. Postupně byla lokalizována problematická místa konstrukce a v nejkritičtějších případech bylo nastoleno opatření. Vše je popsáno ve formuláři FMEA-K na následující straně tabulka 3. [13]

FMEA-K

Číslo FMEA-K

DP_2014

Výrobek
Rok výroby / program
Tým FMEA

Střížný stroj

Odpovědnost za výrobek/díl

V. Hanzlík

2014

V. Hanzlík, R. Martonka, R. Brož

Strana 1

celkem z 1 ze 1

Vypracoval

Vojtěch Hanzlík

Datum vypracování FMEA-K

14.4.2014

Součást	Místo poruchy	Možný způsob poruchy	Možný důsledek poruchy	Možné příčiny poruchy	Běžné kontroly	Současný stav				Doporučené opatření	Odpovídá termín	Přijaté opatření	Výsledný stav			
						Výskyt	Závažnost	Detekce	RPN				Výskyt	Závažnost	Detekce	RPN
páka	spodní výztuha	překážka	poškození páky	kolize	rozměrová analýza	4	8	3	96	prověřit simulaci kolize	V. Hanzlík 14.4.2014	úprava rozměrů výztuhy	2	8	3	48
			poškození výztuhy			2	8	3	48							
	plocha středního čepu	poškozený	vzhledová vada	přetížení páky	vizuální kontrola	2	7	2	28							
středový čep	průměr	volný	klepe	nedostatečný rozměr	rozměrová kontrola	3	5	3	45							
rám mechanismu	boční výztuže	deformovaný	omezení pevnosti	nedostatečný rozměr	výstupní kontrola	5	8	3	120	prověřit simulaci deformace	V. Hanzlík 14.4.2014	úprava rozměrů	2	8	3	48
		lom	destrukce dílu	materiálová vada	výstupní kontrola	2	5	6	60							
				nedodržení pracovního postupu		2	5	4	40							
			poškození dalších dílů	materiálová vada		3	6	4	72							
				nedodržení pracovního postupu		2	6	4	48							
		nesmontovatelný	nelze sestavit	nedodržení pracovního postupu	-	3	4	3	36							
				nedodržení rozměrů	rozměrová kontrola	7	4	4	112	úprava tolerancí	V. Hanzlík 14.4.2014	úprava tolerancí plechu páky 1	2	4	4	32
			poškození dalších dílů	nedodržení pracovního postupu	-	3	4	3	36							
				nedodržení rozměrů	rozměrová kontrola	2	4	4	32							
	spodní deska	nesmontovatelný	nelze sestavit	nesouosost	rozměrová kontrola	4	5	4	80							
				tolerance		4	8	4	128	úprava tolerancí uložení	V. Hanzlík 14.4.2014	úprava tolerancí děr	2	8	4	64
				nedodržení pracovního postupu	vizuální kontrola	4	7	3	84							
			destrukce dílu	nesouosost	rozměrová kontrola	2	7	4	56							
				tolerance		2	7	3	42							
				nenamázáno	vizuální kontrola	3	7	3	63							
Pneumatický válec	Pneu. ventil	netěsnost	únik media	materiálová vada	vizuální kontrola	2	6	3	36							
	Vzduchové potrubí	trhlina	únik media	opotřebení	vizuální kontrola	2	8	4	64							

Tab. 3 Formulář FMEA-K

10 Ekonomické zhodnocení

Pro ekonomické zhodnocení bude záležet na způsobu výroby. A to jestli se stávající konstrukce inovuje podle nového řešení nebo se bude vyrábět celý jednoúčelový střížný stroj znova. To záleží na zákazníkovi, jestli umožní odstávku stroje, popřípadě jaký bude mít uvolněný rozpočet na pořízení jednoúčelového stroje.

Proto se budeme zabývat jen hodnotou mechanismu střížného stroje. Ten je tvořen z jednoduchých, snadno obrobitelných částí, kde hodnota (cena) materiálu bude minimální. Hlavní cenová zátěž bude na práci a to počet hodin ve výrobě a montáži. Kde hodinová sazba Jikon - nástrojárny, s.r.o., je 450 Kč/hodina. Další nákladnou částí budou kupované komponenty jako je pneumatický válec, uložení pneumatického válce, uložení páky atd. Poslední částí bude spojovací materiál jako například šrouby, kolíky.

Přesné vyčíslení bude provedeno až po výrobě jednoúčelového střížného stroje, kde bude přesný cenový rozpis.

11 Závěr

Cílem práce bylo inovovat a zkonstruovat jednoúčelový střížný stroj, který slouží k výrobě pásků do roletek nákladních automobilů.

V rešeršní části bylo seznámeno se zadavatelem, čím je firma Jikon - nástrojárna, s.r.o. Dále je uveden popis a funkce stříhacích a lisovacích strojů, kde byl vytvořen průzkum trhu různých způsobů pohonu střížných strojů.

Hlavní část diplomové práce se zabývala návrhem variant řešení jednoúčelového střížného stroje pro výrobu pásků do roletek nákladních automobilů. Z pěti navržených variant řešení, byla vybrána nejvhodnější varianta řešení pomocí rozhodovací tabulky, která byla konstrukčně rozpracována až do formy výrobní dokumentace v programu Solid Edge. Navržená konstrukce jednoúčelového střížného stroje pro výrobu pásku do roletek nákladních byla podrobena kontrolním výpočtům a namáhání analyzováno pomocí metody konečných prvků. Těchto analýz bylo využito z důvodů kontroly vhodnosti volených rozměrů a tloušťek materiálů. Výsledky kontrolních výpočtů a analýz pomocí metody konečných prvků potvrdily vhodnost navržených rozměrů jednoúčelového zařízení.

Použitá literatura

- [1] Katalogy a prospekty střižných strojů
- [2] Nedbal J.: jednoúčelové stroje, automaty a výrobní systémy. Praha: ČVUT v Praze, 1983, 308s.
- [3] Leinveber J., Vávra P.: Strojnické tabulky, ISBN 80-7361-033-7
- [4] Pešík L.: Části strojů 2.díl, ISBN 978-80-7372-574-7
- [5] Mašín I., Doc., Dr., Ing.; ŠEVČÍK, L., Prof. Ing., CSc. *METODY INOVAČNÍHO INŽENÝRSTVÍ: 2. Metody pro plánování inovace výrobku*. První vydání. Liberec: Institut technologií a managementu, 2006. 171s
- [6] Skopal V., Adámek J., Hofírek M.: Stavba a provoz strojů IV, Praha -NTL, 1987, 424s.
- [7] Katalogy a manuály firmy Janome
- [8] Katalogy a manuály firmy Schmidt
- [9] Katalogy, manuály a prezentace firmy Sick
- [10] Katalog firmy Feron a. s
- [11] Katalog a prezentace firmy Festo s. r. o
- [12] Shigley, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. Editor Martin Hartl, Miloš Vlk. Brno: VUTUM, 2010, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [13] Mašín I., Doc., Dr., Ing. *INOVAČNÍ INŽENÝRSTVÍ: Plánování a návrh inovovaného výrobku*. První vydání. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. 168s., ISBN: 978-80-7372-852-6
- [14] LEPŠÍK P., Ing., Ph.D.; VODIČKA J., Ing. *PLÁNOVÁNÍ A ŘÍZENÍ SPOLEČNÝ PROJEKTŮ*. První vydání. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. 124s., ISBN 978-80-7372-920-2
- [15] Nakagawa T., *Servo Motor Driven Press and Market Trend in Japan*
- [16] HLUCHÝ M., KOLOUCH J.,. *Strojírenská technologie 2 vyd.* Praha: Scientia, 2002, 266 s. ISBN 80-7183-262-6.

Seznam příloh

- I. Výkres sestavy jednoúčelového střížného stroje + kusovník
- II. Výkres sestavy mechanismu jednoúčelového střížného stroje + kusovník
- III. Výkres páky
- IV. Výkres středového čepu